



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ**

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

**DESIGN AUTOMATIZOVANÉHO EXTERNÍHO  
DEFIBRILÁTORU**

DESIGN OF AUTOMATED EXTERNAL DEFIBRILLATOR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Helena Pernicová**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**akad. soch. Josef Sládek, ArtD.**

**BRNO 2021**



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Studentka: **Helena Pernicová**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **akad. soch. Josef Sládek, ArtD.**  
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Design automatizovaného externího defibrilátoru

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automatizované externí defibrilátory (AED) slouží pro neodkladnou první pomoc, která vznikla náhlým selháním krevního oběhu. Tyto typy defibrilátorů jsou navrženy zejména pro laickou veřejnost a umísťovány v místech s nadměrnou koncentrací lidí, v odlehlých oblastech s vysokou fyzickou a psychickou zátěží. Hmotnost těchto zařízení se pohybuje do 3 kg s energetickým výbojem do 360 J. AED jsou koncipovány jako přenosné s možností umístění na zeď, do skříňky, nebo do uzavíratelného obalu. Tato zařízení jsou vysoce intuitivní, ergonomicky přívětivá zejména z důvodu používání osob s minimálními znalostmi při poskytování první pomoci.

Typ práce: vývojová – designérská

**Cíle bakalářské práce:**

Návrh externího defibrilátoru bude koncipován pro možnost umístění do skříňky, obalu, montáž na konzoli nebo uložení ve vozidle. Hmotnost navrženého výrobku je do 2 kg včetně baterie s elektrodami. Určení výrobku je jak pro komerční subjekty, tak pro laickou veřejnost. Předpokládána je sériová výroba s využitím plastových výlisků.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analýza současné produkce z hlediska ergonomie, tvarového řešení, konstrukce a použitých technologií,
- návrh funkčního designu AED včetně grafického zpracování ovladačů, sdělovačů,
- navržené řešení odolné vůči, vodě, prachu a nárazu,
- jednoduché a intuitivní ovládání.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske–studium–ukonceni/>

**Seznam doporučené literatury:**

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## ABSTRAKT

Bakalářská práce předkládá design automatizovaného externího defibrilátoru (AED). Cílem je navrhnout moderní produkt splňující požadavky trhu a použitelnosti. Na základě rešerše byl stanoven cíl, zohlednit nejpotřebnější prostředí výskytu léčitelné srdeční arytmie, tedy místa pobytu. Design zohledňuje kontext obytných zařízení a automobilové přepravy pro „first respondery“. Zaměření na intuitivní interakci bylo středobodem procesu navrhování a významným přínosem této práce je právě srozumitelnost. Pro jednoduchou interakci jsou navrženy i speciální elektrody.

## KLÍČOVÁ SLOVA

AED, defibrilace, neodkladná první pomoc, náhlá zástava oběhu

## ABSTRACT

The topic of this bachelor thesis is Design of Automated External Defibrillator (AED). The goal is to design modern looking product, that meets needs of market and usability. On the grounds of research a goal was developed. It says to meet the context of placement in residences and car transportation. Crucial is also to focus on intuitive interaction and understandability. For easy interaction new special pads were designed.

## KEYWORDS

AED, defibrillation, first aid, OHCA





## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PERNICOVÁ, Helena. *Design automatizovaného externího defibrilátoru* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-23]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/129631>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Josef Sládek.



## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu akad. soch. Josefu Sládkovi, ArtD. za trpělivé a kvalitní vedení, panu Sovjakovi za svěřené výzvy, panu Christianu Richardovi za motivaci a seznámení se západním způsobem navrhování a také mé rodině a kamarádům za velkou podporu.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením akad. soch. Josefa Sládka, ArtD. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>TITULNÍ STRANA</b>	<b>1</b>
<b>ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRAKT</b>	<b>7</b>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>KEYWORDS</b>	<b>7</b>
<b>BIBLIOGRAFICKÁ CITACE</b>	<b>9</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ</b>	<b>11</b>
<b>PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE</b>	<b>11</b>
<b>OBSAH13</b>	
<b>1 ÚVOD</b>	<b>17</b>
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>19</b>
2.1 Fyziologie a defibrilace	19
2.1.1 Srdce	19
2.1.2 Typický pacient a výskyt	21
2.1.3 Podmínky úspěšné defibrilace	23
2.2 Designérská analýza	28
2.2.1 Vývojová analýza	29
2.2.2 Analýza současných produktů a konceptů	31
2.2.3 Koncepty a další relevantní produkty	38
2.2.4 Interakce uživatel – AED – pacient	42
2.3 Technická analýza	44
2.3.1 Vnější uspořádání a vybrané prvky	44
2.3.2 Vnitřní uspořádání	47
2.3.3 Fyzikální princip defibrilace	49
2.3.4 Materiály	50
2.3.5 Systém a údržba	50
<b>3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>53</b>

3.1	Analýza problému	53
3.2	Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	54
3.2.1	Shrnutí obecných požadavků na AED	57
3.3	Cíle práce	58
3.4	Cílová skupina	58
3.5	Základní parametry a legislativní omezení	58
3.6	Použité výrobní technologie, možný trh a cena	59
<b>4</b>	<b>VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>60</b>
4.1	Varianty těla přístroje	60
4.1.1	Varianta I	60
4.1.2	Varianta II	60
4.1.3	Varianta III	62
4.1.4	Zhodnocení variant	63
4.2	Koncepce elektrod	64
<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>65</b>
5.1	Řešení krytu	65
5.2	Řešení uživatelského prostředí	66
5.3	Řešení elektrod	67
5.4	AED v kontextu umístění	68
5.4.1	Místa pobytu	68
5.4.2	Automobily	69
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>70</b>
6.1	Popis	70
6.2	Rozměrové řešení	70
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	72
6.4	Materiálové řešení	74
6.5	Technologie	74
6.6	Ergonomie	74
6.6.1	Údržba	74
6.6.2	Záchrana	77
6.6.3	Feedback KPR a elektrody	80
6.7	Bezpečnost a hygiena	80

6.8	Udržitelnost	81
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>82</b>
7.1	Barevné řešení	82
7.2	Grafické řešení	83
7.2.1	Kryt	83
7.2.2	Uživatelské prostředí	83
7.2.3	Elektrody	84
7.2.4	Logotyp	85
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>86</b>
8.1	Psychologická funkce	86
8.2	Sociální funkce	86
8.3	Ekonomická funkce	86
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>88</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b>	<b>94</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>96</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>99</b>





# 1 ÚVOD

Automatizovaný externí defibrilátor (dále AED) je přístroj medicinského charakteru, který je ovšem určený nejen pro profesionály, ale také pro laickou veřejnost bez speciálních znalostí. Je důležitým prvkem rozšířené neodkladné resuscitace a je součástí řetězce přežití (chain of survival) vydaného ERC (European Resuscitation Council) v rámci pokynů k první pomoci (viz Obr. 1-1). Přístroje jsou umístovány na vysoce frekventovaných místech (obchodní centra, letiště,...) nebo na místech špatně přístupných pro ZZS (Zdravotnická záchranná služba). [1, 2]



Obr. 1-1 Chain of survival (řetězec přežití) od European Resuscitation Council (ERC) [3]

Důvodem prosazování defibrilace i do rukou neodborné veřejnosti je skutečnost, že 80 % náhlých úmrtí (přírozená smrt osoby zdánlivě zdravé) je zapříčiněno poruchami srdečního rytmu, které jsou léčitelné právě defibrilací [4]. Zjednodušeně řečeno, jde o poruchu vedení elektrického signálu, který řídí činnost srdce, a tudíž je ohrožena cirkulace krve v těle a okysličování důležitých orgánů. Při této srdeční disfunkci se každou neléčenou minutu snižuje pravděpodobnost přežití pacienta o 7–10 %. Po 11–12 minutě je defibrilace již bezpředmětná. O přežití a kvalitě rozhoduje mimo včasné přivolání ZZS a zahájení KPR (kardiopulmonální resuscitace) také včasný defibrilační výboj (max. do 3 minut – 1. pásmo úspěšnosti). [1]

Kromě zmíněného umístění přístrojů AED na fixních místech (statická alokace) se klade důraz také na tzv. dynamickou alokaci, tedy zajištění určité mobility pro jeden přístroj AED. Zde jde zejména o systém tzv. first responders, tedy školených držitelů (nezdravotníků) přístroje AED, kteří jsou po zkontaktování schopni neprodleně přijet na místo potřeby. Zpravidla to jsou policisté, hasiči, horská služba atd. Jak ale ukazuje nizozemská studie [5], velmi záleží na časové efektivitě emergentní péče (dispečing ZZS) a co nejdřívejším kontaktování „first responderů“. Ve zmíněné studii údajně právě díky časovým prodlevám emergentní péče nebyl potvrzen prospěch zmíněné dynamické alokace nad statickou. Laická pomoc tedy hraje při záchráně životů důležitou roli.



Obr. 1-2 Příklady označení místa s AED [6, 7, 8]

Umístění přístrojů AED je označeno speciálním symbolem (viz Obr. 1-2) a je zobrazeno například v aplikaci Záchranka nebo jejich polohu sdělí dispečerka zdravotnického operačního střediska ZZS.

Přístroje jsou určeny pro laiky, vedou tedy dotyčného hlasovými pokyny a grafickými návody ke správnému provedení léčby. V tomto případě hraje intuitivnost řešení přístroje zásadní roli. Správné provedení šetří čas a zabraňuje omylům. Na trhu jsou dostupné přístroje s různou úrovní kvality. Jsou odolné proti mechanickým a dalším poškozujícím vlivům, a často i podle toho vypadají. Pozornost je upřena na praktickou stránku v okamžiku aktivního použití přístroje.

Dle AHA (American Heart Association) se většina náhlých zástav oběhu (NZO) mimo nemocnici odehrává v bydlíštích (jednotlivé nebo sdílené bydlení) a ostatních místech pobytu (68,5 %) dále pak ve veřejných zařízeních (21 %) a v pečovatelských domech (10,5 %). Mohlo by tedy být zajímavé, zaměřit se na přístroje AED určené pro sídla a podobné prostory, uzpůsobit je potřebám tohoto kontextu a přiblížit je tak soukromému sektoru. [9]

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Automatizovaný externí defibrilátor (Automated External Defibrillator – AED) je zdravotnický přístroj přizpůsobený k obsluze laickou veřejností. Slouží k obnově srdečního rytmu pacienta. Supluje odborné vyhodnocení zdravotního stavu a na tomto základě dále doporučuje či nedoporučuje léčbu elektrickým šokem.

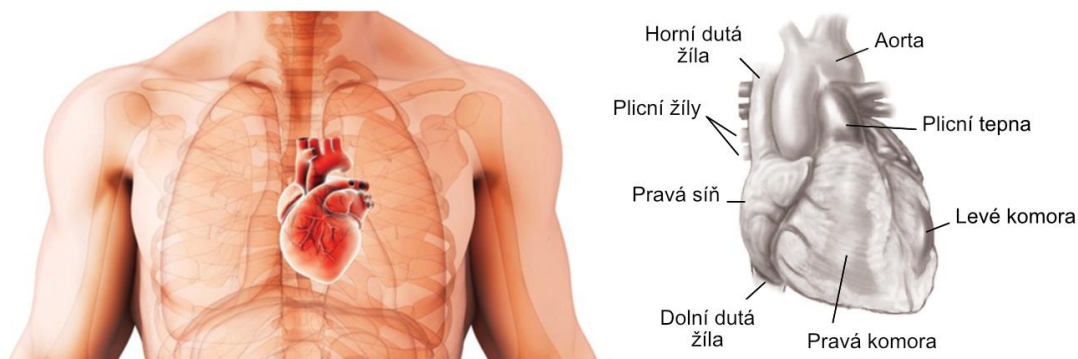
Nejprve je důležité porozumět kontextu problematiky. Proto jsou v této kapitole postupně objasněny aspekty fyziologické, vývojové, technické, estetické a další.

### 2.1 Fyziologie a defibrilace

Hlavním problémem, který defibrilace řeší, je náhlá zástava oběhu (NZO), tedy znemožnění cirkulace krve v krevním oběhu. Tento jev má za následek vážný stav pacienta, který je nutné co nejdříve začít léčit. Kromě rizik z možného vzniku krevních sraženin je nejvíce nebezpečné nedostatečné okysličení mozku, kdy po neléčených 7–10 minutách začínají odumírat tkáně. Velmi častou příčinou NZO jsou právě poruchy srdečního rytmu. V souvislosti s přístroji AED se mluví o tzv. OHCA (out-of-hospital cardiac arrest), kdy se jedná o NZO odehrávající se mimo nemocnici. [10]

#### 2.1.1 Srdce

Jedná se o dutý, vazivově-svalový orgán o velikosti lidské pěsti a hmotnosti zhruba 300 g, jehož funkcí je zajistit pohyb krve v krevním oběhu našeho těla. Prostřednictvím krve tedy srdce zajišťuje zásobování těla živinami (kyslík, glukóza) a stopovými prvky a odvádění odpadních produktů (např. oxid uhličitý, kyselina mléčná). Za minutu (v klidu) přečerpá 4–8 l krve s frekvencí 60–80 úderů za minutu. [11]

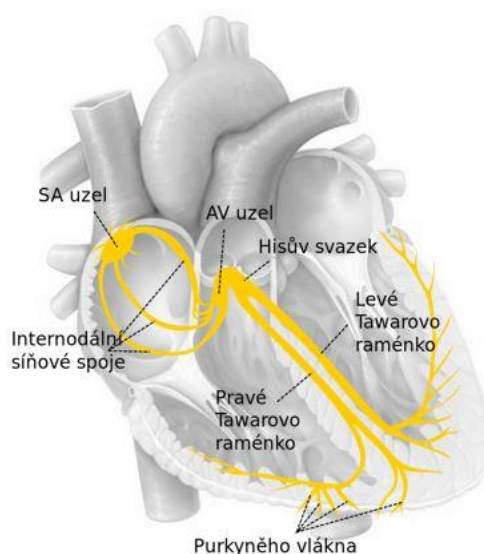


Obr. 2-1 Umístění srdce v hrudníku a jeho stavba [11, 12]

Správnou funkci samotného srdečního svalstva (myokard) zajišťují zejména:

- věnčité (koronární) tepny přísunem živin a kyslíku a také
- NERVOVÉ VZRUCHY.

Nervové vzruchy jsou v podstatě elektrické signály ovlivňující načasování stahů myokardu. Za standardních okolností začíná nervový vzruch vždy v sinoatrálím – SA uzlu (pacemaker), nacházejícím se v pravé síni. Odtud vzruch pokračuje do síňokomorového, tzv. atrioventikulárního – AV uzlu, ze kterého ústí v Hisův svazek, který převádí nervový signál skrz rozdělení na Tawarova raménka až do Purkyňových vláken přiléhajících na obě komory (viz Obr. 2-2). Podrážděním okolních svalových buněk pak dochází ke stahování myokardu.



Obr. 2-2 Řízení srdeční činnosti [13]

Srdce je komplexní orgán a jeho správnou funkci zajišťuje více faktorů. Selhání jen jednoho faktoru způsobuje narušení rovnováhy systému a poruchu správné činnosti srdce. K těmto poruchám patří:

- ischemická choroba srdeční (porucha prokrvení myokardu; typické projevy: infarkt, angina pectoris),
- chlopenní vady,
- poruchy rytmu (poruchy srdečního pulsu řízeného nervovými vzruchy),
- vrozené vady a
- nádory. [14]

Poruchy srdečního rytmu (jinak i tep, puls) přímo souvisejí s poruchami vzniku a šíření nervového vzruchu na myokardu (arytmie). Pokud srdce bije příliš rychle, jedná se o tachykardii, pokud příliš pomalu, mluvíme o tzv. bradykardii. Při tachykardii je vzruch započat v náhodném místě síňové či komorové svaloviny, nebo elektrický impuls chaoticky krouží (tzv. reentry) kolem myokardu. Bradykardie pak označuje přílišné zpomalení vzruchu buď v rámci jeho vzniku na SA uzlu nebo při průchodu AV uzlem. Kromě příliš rychlé nebo pomalé frekvence může nastat i nepravidelnost srdečního rytmu. Pokud je elektrický impuls započat v AV uzlu, označujeme arytmie jako supraventrikulární (srdeční komora = ventriculus cordis). Typ arytmie rozlišujeme na základě vyšetření EKG (elektrokardiogram) [14, 15].

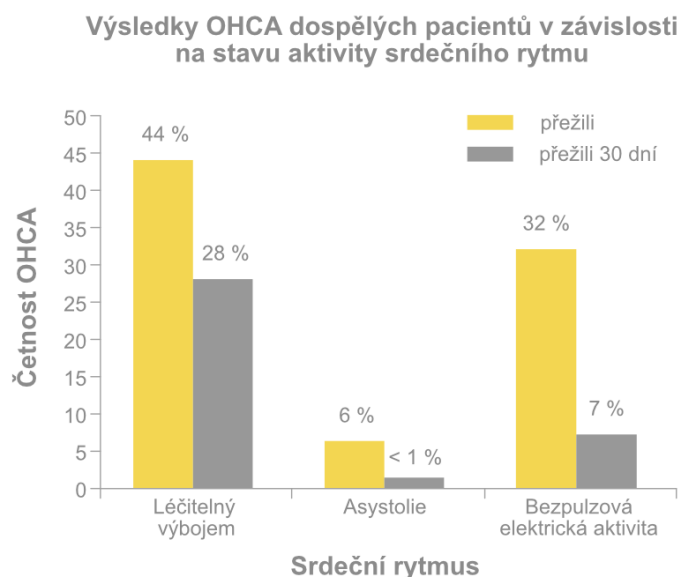
Nejvíce nebezpečné jsou pak

- komorové tachykardie a
- komorové fibrilace.

Při komorové tachykardii je srdeční frekvence tak rychlá, že se svalovina nestíhá efektivně stahovat a vypuzovat dostatečné množství krve. Komorová fibrilace pak zapříčiňuje nekontrolované chvění komor [14]. Tyto poruchy mohou mít za následek srdeční selhání a také vznik sraženin v důsledku zpomalení toku krve. Ty se dále mohou pohybovat krevním řečištěm a způsobit ucpání cév např. v mozku, kdy způsobují cévní mozkovou příhodu [15]. Příčinou úmrtí ovšem může být i nedostatečné okysličení mozku, na kterém vznikají po 3–5 minutách přerušení přísunu kyslíku nevratné změny a po 7–10 minutách již dochází k odumírání tkání. Každou neléčenou minutu tak klesá šance na přežití o 7–10 % [16].

### 2.1.2 Typický pacient a výskyt

Tyto dvě zmíněné arytmie mají za příčinu 80 % náhlých úmrtí (umírá osoba zdánlivě zdravá bez zjevných příznaků) [4]. Obě jsou léčitelné elektrickým výbojem. Neléčitelné poruchy rytmu jsou pak asystolie, kdy srdce nevykazuje žádnou elektrickou aktivitu a na EKG je rovná čára, a druhou je bezpulzová elektrická aktivita, kdy elektrická činnost srdce není doprovázena stahy myokardu a nedochází k pumpování krve do krevního řečiště.

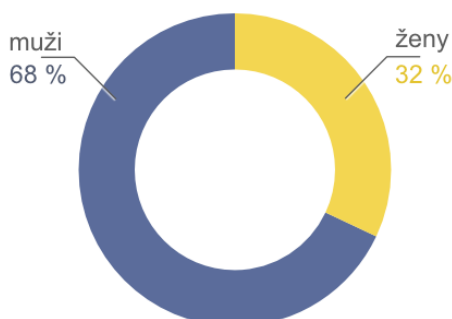


Obr. 2-3 Výsledky OHCA dospělých pacientů v závislosti na stavu aktivity srdečního rytmu [17]

Dle AHA (American Heart Association) tvoří OHCA (mimonemocniční náhlá zástava oběhu) zaznamenaných záchranou službou (EMS – Emergency Medical Services) z 98 % dospělí, pouze z 2 % děti (mladší 18 let) [9]. Nizozemské studie hovoří o rozdílu v rámci pohlaví. Množství žen, které při OHCA ošetří EMS je oproti mužům nižší (ženy: 14,8 %, muži: 34,6 %). Z případů ošetřených EMS obdrželo KPR (viz kap. 2.1.3) od kolemjdoucích 67,9 % žen 72,7 % mužů. S AED se tedy zřejmě setkají častěji pacienti mužského pohlaví, přesto výskyt OHCA je u obou pohlaví srovnatelný (ženy: 47,3 %, muži: 52,7 %). [18].

Svoje závěry přehledně shrnuje zpráva za období 2019-2020 z Nového Zélandu. Ta potvrzuje stejná procenta výskytu u dospělých a dětí (před uzavřením hranic z důvodu pandemie COVID-19) jako statistika od AHA, ovšem s tím rozdílem, že děti definuje jako osoby mladší 15 let. Ve statistických datech ohledně rozdílů v rámci pohlaví ukazuje stejně jako nizozemská studie výhodnější situaci pro muže dle obr. 2-4.

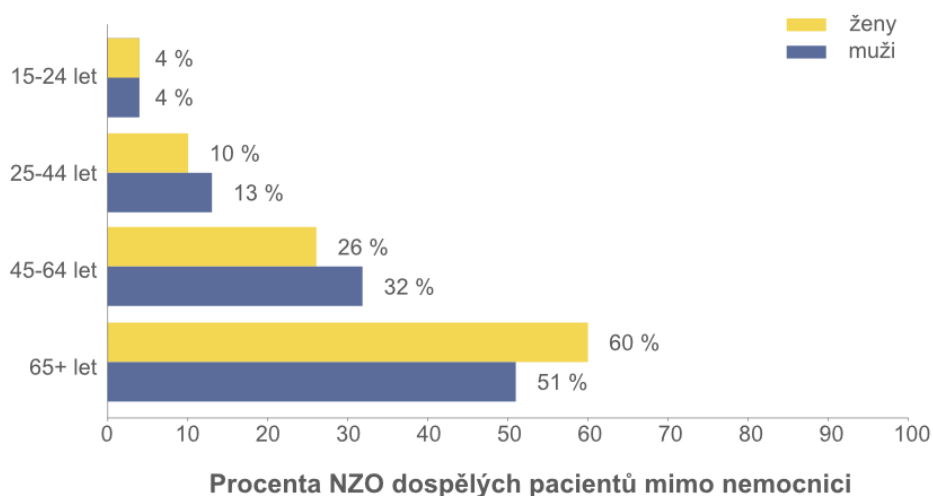
**Distribuce OHCA pacientů v závislosti na pohlaví**



Obr. 2-4 Distribuce OHCA pacientů v závislosti na pohlaví [17]

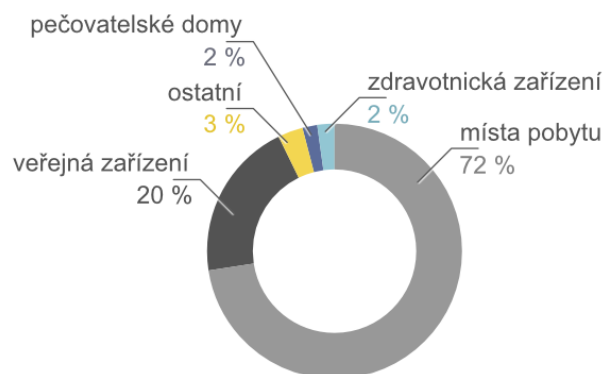
Počet případů OHCA roste s věkem, ale je přítomna v širokém věkovém spektru. Ve středním věku převažuje u mužské populace, u seniorů se pak situace obrací dle obr. 2-5.

**Věková distribuce OHCA dospělých pacientů v závislosti na věku**



Obr. 2-5 Věková distribuce OHCA dospělých pacientů v závislosti na věku [17]

V rámci jednotek procent se liší v určení místa OHCA. AHA uvádí v bydlíštích a ostatních místech pobytu 68,5 %, dále pak ve veřejných zařízeních 21 % a v pečovatelských domech 10,5 % [9]. Novozélandská zpráva uvádí data dle obr. 2-6.



Obr. 2-6 Lokace OHCA [17]

### 2.1.3 Podmínky úspěšné defibrilace

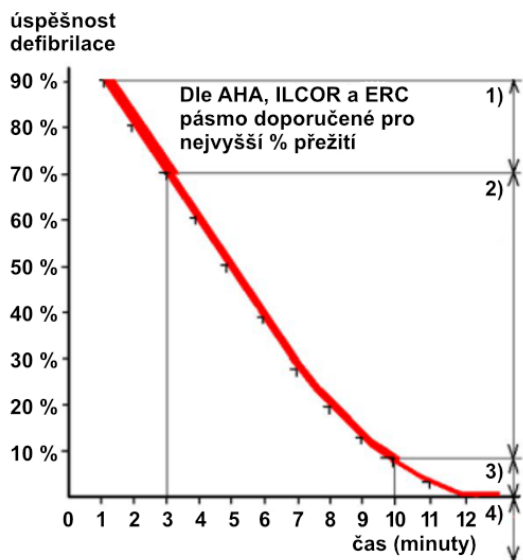
Na úspěšnost defibrilace má vliv řada faktorů. Některé nejsou ovlivnitelné svědkem nehody (výchozí stav pacienta, parametry defibrilačního výboje určené konkrétním AED atp.), jiné závisí na okolnostech (blízkost AED atp.), ale řada z nich je ovlivnitelných i přihlížejícím neškoleným občanem [1, 16]. Zásadní faktory pro dosažení úspěšné defibrilace jsou čas, kvalitní KRP a efektivní aplikace defibrilačního výboje [1].



# ČAS

Je třeba minimalizovat časovou prodlevu od vzniku arytmie do:

- podání léčivého defibrilačního výboje (ihned, nebo alespoň do 1–3 min; viz Obr. 2-7),
- zahájení kardiopulmonální resuscitace (ideální do 1–3 min),
- přivolání ZZS a umožnění snadného přístupu k postiženému.



- 1) pásmo s pravděpodobností úspěšné defibrilace 90–70 %; 1–3 min; AED v místě, aplikuje svědek
- 2) pásmo s pravděpodobností úspěšné defibrilace 70–10 %; 3–10 min; AED není v místě, aplikuje svědek
- 3) pásmo s pravděpodobností úspěšné defibrilace 10–0 % (průměrně 5 % v ČR); 10–12 min; dojezd ZZS
- 4) pásmo s pravděpodobností úspěšné defibrilace 0 %; nad 12 min, delší dojezd ZZS

Obr. 2-7 Graf úspěšnosti defibrilace [1]

## Kvalitní KPR

Méně zřejmou podmínkou úspěšné defibrilace je dostatečné prokrvení myokardu, čemuž napomáhá dostatečně kvalitní masáž srdce. Ta má za další úkol popohnat celý krevní oběh a podpořit plicní ventilaci. Pro záchránce je fyzicky náročná, ale pro pacienta velmi potřebná. Prokrvuje a chrání mozek, než je normální srdeční rytmus znovu obnoven. Plicní ventilaci podporují i efektivně provedené vdechy, nicméně známý poměr 30:2 (třicet stlačení hrudníku a dva vdechy) platí jen pro zkušené záchránce. Odborníci aktuálně doporučují vdechy vynechat, pokud záchránce není trénovaný.

Podmínky efektivní masáže srdce [19]:

- odhalený hrudník (komfort, určení místa)
- správné místo (spodní část hrudní kosti, zhruba mezi bradavkami)
- hloubka stlačení hrudníku (dospělý cca 5 cm, max 6 cm)
- frekvence srdeční masáže (100–120 stlačení/min aneb 2krát za vteřinu, pomocná píseň „Stayin‘ Alive“ nebo „Rolničky, rolničky“)



- plné uvolňování hrudníku (bez zvedání rukou; srdce se potřebuje naplnit krví do plna, aby mohlo fungovat jako pumpa)

Ošetření pacienta je však mnohem širší pojem než jen masáž srdce a případné vdechy. K úspěšné léčbě je ideální, aby měl ošetřovatel nějaké povědomí o správném provedení KPR. Kardiopulmonální resuscitace se označuje jako rozšířená, pokud je v jejím rámci použit přístroj AED.

Zde je správný průběh rozšířené KPR dle [19,20]:

Zhodnot' prostředí a bezpečnosti situace na místě úrazu (nebezpečí úniku plynu, blízkost elektrického napětí). Je bezpečné?

Zkontroluj pacientovo vědomí slovně, posléze se zatřesením rameny. Nereaguje?

Analyzuj dech. Zprůchodni dýchací cesty záklonem hlavy a přizvednutím dolní čelisti, dále kontroluj dech přiložením ucha k ústům pacienta a sledováním pohybů hrudníku po max 10 s. Nedýchá normálně?

Přivolej ZZS, zajisti AED, volej 155 (112 pro mezinárodní případy, pomalejší kvůli přesměrování) nebo aktivuj aplikaci Záchranka. Pokud je v blízkosti člověk, pověř ho přinesením AED (pokud ne, zahaj v KPR bez AED). Je ZZS na lince?

Proveď KPR – polož pacienta na záda a stlačuj hrudník ve frekvenci 100-120 za minutu. Po 30-ti stlačeních následují dva vdechy a s tímto poměrem 30 : 2 dále pokračuj v KPR. Dýchání z úst do úst není doporučeno pro needukovaného záchranáře z hygienického hlediska, pro potřebu jistých zkušeností a nebezpečí porušení hygienických zásad. Pacient se neprobouzí?

Pokud je AED je k dispozici, zapni AED a pokračuj dle hlasových instrukcí (v případě více zachránců (ideálně dva) nepřerušuj KPR, dokud tě k tomu přístroj nevyzve (z důvodu analýzy EKG nebo dodání el. výboje). Po uskutečnění výboje (záchvěv pacientova těla) ihned pokračuj v KPR a dále pokračuj dle pokynů AED), při resuscitaci se střídějte (ideálně po každé analýze – každé 2 min.). Pacient přichází k vědomí, dýchá a pohybuje se? Nebo ZZS přebírá KPR nad pacientem?

Ukonči KPR a podej zprávu ZZS:

- poskytnutá péče (počet výbojů – na displeji AED nebo v jeho paměti)
- časové údaje (doba trvání poruchy apod.)
- změny v pacientově stavu
- výchozí stav pacienta a dosažitelné informace o předchozím stavu pacienta (užívané léky, zdravotní průkazy, návštěvy specialistů apod.)

# Efektivní aplikace defibrilačního výboje

Úzce souvisí s interakcí uživatele a přístroje. Čím je uživatel méně zkušený, tím více je závislý na pokynech přístroje. Okamžikem, kdy má záchránce největší míru volnosti (a tedy i riziko chybovosti), je přikládání elektrod na pacienta. Každý pacient je jedinečný. Liší se míra přípravy pacienta na přiložení elektrod (oblečení, ochlupení apod.) a také parametry samotného těla pacienta (štíhlý, korpulentní apod.). Záchránce by měl dle pokynů správně připravit pacienta na přiložení elektrod a určit na hrudi vhodná místa pro přiložení elektrod.

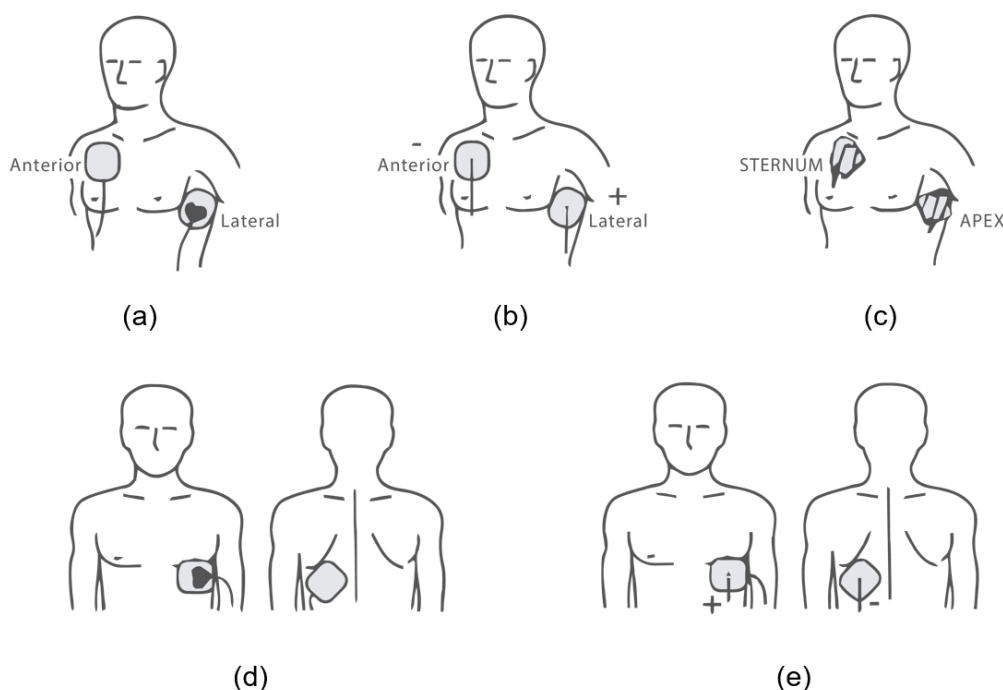
Správná aplikace defibrilačního výboje zahrnuje:

- kvalitní kontakt elektrod s pokožkou a
- vhodné umístění elektrod na hrudníku.

Celoplošný kontakt elektrody s pokožkou je zásadní. Pro eliminaci přechodového odporu (riziko vzniku popálenin pod elektrodami, snížení efektivity výboje) je třeba vyloučit izolující předměty jako oblečení a nadměrné ochlupení, které by elektrody odlepovalo od pokožky. Po správném nalepení s lehkým přitlakem je kontakt adhezí přítomného gelu zajištěn.

Rozlišujeme dva způsoby umístění elektrod na hrudník (viz Obr. 2-8):

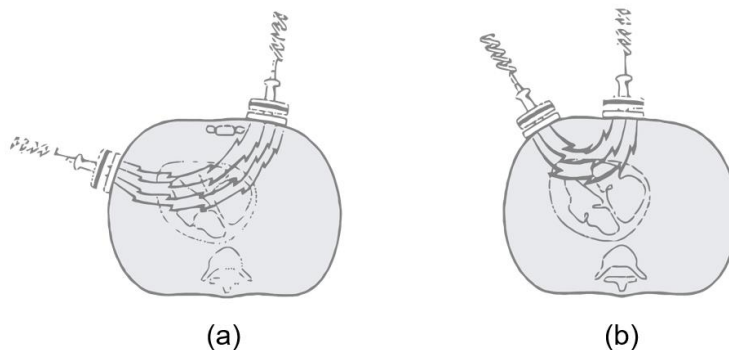
- antero-laterální (předo-boční)
- antero-posteriorní (předo-zadní)



Obr. 2-8 Umístění elektrod pro defibrilaci; (a), (b), (c) – předo-boční naložení, (d), (e) – předo-zadní naložení [16]

V případě předo-bočního umístění elektrod se přední elektroda nakládá parasternálně, tzn. podél hrudní kosti a pod pravý klíček. Boční elektroda se pak umísťuje do levé střední axilární čáry (levý bok) ve výšce prsní bradavky (oblast čtvrtého mezižebří).

V předo-zadním naložení je přední elektroda umístěna pod levou bradavku a zadní pod levou lopatku. Toto umístění má ale více variant. Je nutno je využívat u novorozenců v závislosti na malých rozměrech dětského hrudníku. Pacienta je při ošetření nutné položit na bok. [16]



Obr. 2-9 Zvýšení zkratového proudu při nevhodně umístěných elektrodách; (a) – správné umístění, (b) – nesprávné umístění [16]

Při nevhodném umístění elektrod (viz Obr. 2-9 b) dochází ke zvýšení zkratového proudu mimo srdce a znepráchnění diagnostiky. Při použití AED upřednostňujeme zásadně předo-boční umístění elektrod. Toto umístění totiž poskytuje možnost snímání EKG signálu v dostatečné kvalitě, aby mohl být výboj poskytnut ve správný okamžik. Toto umístění také nabízí možnost vyhodnocení impedance hrudníku a následného optimalizování výboje u bifázických defibrilátorů (viz kapitola 2.3.3).

Důležité je, aby se mezi elektrodami nenacházela kost, jelikož by se snížila účinnost výboje. Na účinnost výboje nemá vliv obrácení polarity elektrod a ani mezi předo-bočním a předo-zadním umístěním nebyly prokázány rozdíly v tomto směru. K popálení pokožky pod elektrodami může docházet v důsledku vysokého přechodového odporu mezi elektrodou a pokožkou. Možnými příčinami jsou vady na elektrodách a vyschlá vrstva elektricky vodivého gelu. Proto je důležité elektrody pravidelně po vypršení expirace měnit. [16]

## 2.2 Designérská analýza

Přístroje AED jsou řešeny mnoha přístupy. Všechny ovšem zohledňují obecnou charakteristiku, která definuje přístroj AED. Vysvětlením jednotlivých atributů, ze kterých se zkratka „AED“ skládá, lze jasně definovat parametry užití přístroje a uvést jej do kontextu příbuzných přístrojů.

„Automatizovaný“ (semi automatic) značí kategorii v rámci stupně samostatnosti přístroje v léčbě, kdy je po hlasové výzvě k odstoupení od pacienta a ke zmáčknutí tlačítka pro uskutečnění výboje nutné tlačítko zmáčknout. Druhou kategorií je automatická verze (automatic), kdy je po hlasové výzvě k odstoupení výboj uskutečněn přístrojem samovolně. Dalším druhem jsou manuální přístroje, které používají profesionálové (ZZS, nemocnice). Na základě EKG pacienta sami diagnostikují a vykonávají defibrilaci přiložením elektrod.

„Externí“ označuje vnější umístění elektrod na kůži pacienta. Existují také „interní“ defibrilátory. Ty můžeme dělit na manuální (na otevřeném hrudníku, operační sál) a automatickou verzi, tzv. implantované kardiostimulátory a kardioverter defibrilátory pro rizikové pacienty se srdečními onemocněními.

Pojem „Defibrilátor“ pak označuje plnění základní funkce těchto přístrojů. Již název naznačuje jakési odstranění fibrilace srdečních komor. Zjednodušeně řečeno, defibrilátor se snaží nahradit roli lékaře tím, že diagnostikuje jím léčitelné poruchy srdečního rytmu (komorová tachykardie, fibrilace komor) a v případě zjištění jedné z těchto poruch nasazuje léčbu el. výbojem. To vše ve spolupráci s uživatelem. [21, 22]

## 2.2.1 Vývojová analýza

Jakkoli se přístroje AED zdají být ve společnosti novinkou, základní princip defibrilace je znám již přes sto let. Od té doby se s rostoucími znalostmi posouvá i technologie a obecně úroveň zpracování defibrilačních přístrojů. Na začátku vývojového řetězce přišli s touto technologií do kontaktu pouze odborníci a dnes může elektrickým výbojem oživovat i laik. To vše díky tomu, že technologie následovala potřeby civilizace.

První teorie o souvislosti fibrilace srdečních komor se srdeční zástavou a následnou smrtí je zaznamenána roku 1888 a rok po té již probíhaly pokusy na psech jako demonstrace principu fibrilace menším el. impulsem a defibrilace větším el. impulsem. Kolem roku 1930 vyvinul inženýr Willim Kouwenhoven první zařízení pro defibrilaci srdce a v 50. letech 20. st. je zaznamenán průlom v přenosnosti přístrojů v sovětském Československu (defibrilátor Prema) a první úspěšné fibrilace na otevřeném hrudníku pacienta chirurgem Claudem Beckem v Clevelandu, Ohio (viz Obr. 2-10). Roku 1956 pak byla pomocí výkonnějšího přístroje provedena první defibrilace zavřeného hrudníku kardiologem Paulem Zollem. Technologie se samozřejmě i nadále posouvala a změnil se i přístup k dostupnosti těchto přístrojů a úkonů s ním spojených ve vztahu k veřejnosti. Roku 1990 jsou v USA zaváděny první programy pro seznámení veřejnosti s defibrilací pomocí AED a Evropská rada pro resuscitaci zavádí nové postupy pro resuscitaci se začleněným použitím AED roku 2005. [1, 3]



Obr. 2-10 Defibrilátor doktora Clauda Becka [23]

V současné době probíhají školení pro zainteresovanou veřejnost či pro poloprofesionální / profesionální záchranné složky IZS, tedy policie, hasiči, horské služby apod. Tyto složky zpravidla zprostředkovávají již zmíněnou dynamickou alokaci přístrojů AED, když jsou vyzváni dispečerem zdravotnického operačního střediska ZZS.

Objevují se i futuristické koncepty možností rozšíření dynamické alokace například pomocí dronů s navigací GPS (viz Obr. 2-11) [24]. Proveditelnost například zmíněného konceptu Ambulance Dronu v praxi ovšem zatím skýtá velké množství otázek ohledně nákladů a rizik v souvislosti s vysokou rychlostí pohybu (100 km/h ) a překážkami ve vzdušném prostoru, jejichž detekce není vždy samozřejmostí a další [25].



Obr. 2-11 Ambulance Drone; studentský projekt na TU Delft [24]

## 2.2.2 Analýza současných produktů a konceptů

Je možné najít nepřeberné množství variant přístrojů AED. K dispozici je řada řešení, která s různou úspěšností splňují potřeby uživatele a další aspekty nutné pro efektivní použití. Pro úvod této kapitoly vymezují hlavní parametry hodnocení stávajících designů.

Hlavními hráči na trhu s AED jsou Philips, Zoll, Physio-Control, Cardiac Science, HeartSine Technologies, a dále pak Defibtech, Metrax GmbH, Mediana a další. Produkty se aktuálně (rok 2021) cenově pohybují od 27 000 Kč (LIFEPOINT) do 74 000 Kč (CU-SP COLOR), tréninkové verze od jednotlivých výrobců jsou pak řádově levnější. [26]

### HeartStart FRx (Phillips)

Pohodlí uživatele je vysoké. Pro snadný přenos je přítomné textilní držadlo, přístroj je těžký 1,5 kg s rozměry 220 × 180 × 60 mm. Cena se pohybuje ve střední kategorii (41 000 Kč). Otevření přístroje prostřednictvím suchého zipu je rychlé, zapnutí a ovládání intuitivní. Pokyny jsou pochopitelné a dostatečně vizuálně popsane. Aktivní tlačítka jsou v noci světelně zvýrazněna, schémata nikoliv. Ovládací prvky jsou přehledné. Použití standardních elektrod zaručuje univerzální použití pro různé postavy pacientů, pro dítě a dospělého jsou použitelné jedny elektrody, v případě pacient-dítě je třeba přiložit „dětský klíč“. Umístění elektrod je znázorněno dostatečně srozumitelně. Získaná data jsou dostupná pomocí speciálního softwaru v PC, kam jsou posílána skrz komunikační infračervený IrDA port (jiné verze používají také Bluetooth, SD kartu nebo flashdisk). Informace pro přítomnou ZZS jsou dostupné po stisknutí tlačítka informací hlasově. Je zmíněna uplynulá doba od spuštění zařízení a počet poskytnutých výbojů.



Obr. 2-12 Produkt HeartStart FRx [27]

AED je navrženo s důrazem na rozlišitelnost (výrazná barevnost) pro viditelné umístění do veřejného prostoru ve skříňce (viz Obr. 2-13), nebo pro osobní účely např. v automobilu. Působí výrazně ale zároveň ne agresivně díky použitým zaoblením. Design je čistý, bez nepotřebných detailů, zaměřený na stručné vedení oka uživatele potřebným směrem. Manuální údržba je nutná každé 4 roky (baterie, elektrody). Testování funkčnosti zaručuje funkce samotestování přístroje a výsledek je zobrazen světelnou diodou skrz průsvit v obalu. Baterie je jednorázová LiMnO<sub>2</sub>. [27]



Obr. 2-13 Umístění HeartStart FRx ve skříňce [27]

## AED PLUS (Zoll)

Pohodlí uživatele je přijatelné. Pro snadný přenos je k dispozici přenosná brašna s úložným prostorem pro další pomůcky pro KPR. Přístroj je těžký 3,1 kg s rozměry 241 × 291 × 133 mm. Cena se pohybuje ve střední kategorii (49 000 Kč). Přístroj je otevřen odklopením vrchního krytu, který se od přístroje oddělí. Ovládání intuitivní. Pokyny jsou pochopitelné a komplexní. Aktivní tlačítka jsou v noci světelně zvýrazněna, schémata jednou diodou. Na displeji jsou instrukce v textové podobě. Ovládací prvky jsou přehledné. Elektrody jsou nestandardní, velmi intuitivní pro umístění laikem, pro možnost univerzálního použití na různé postavy pacientů je tu možnost odtržení boční elektrody. Tento krok je ovšem zobrazen jen na obalu elektrod, který uživatel pro uvolnění elektrod roztrhne. Pro dítě a dospělého jsou odlišné elektrody. Umístění elektrod je znázorněno dostatečně srozumitelně. Získaná data jsou dostupná pomocí speciálního softwaru v PC, kam jsou posílána skrz komunikační infračervený IrDA port (jiné verze používají wi-fi nebo flashdisk k přenosu stručnějších přehledů v pdf). Informace pro přítomnou ZZS jsou dostupné přeposláním informací přes zmíněný software.





Obrázek 2-14 Produkt AED PLUS [28]

AED je výrazné díky použití neonové barvy. Je vhodné pro viditelné umístění do veřejného prostoru ve skříňce (viz Obr. 2-15), nebo pro osobní účely. Působí výrazně, na první pohled ale nemusí být jasné funkce tohoto přístroje. Design je jednoduchý, působí lehce hravým dojmem. Manuální údržba je nutná každých 5 let (baterie, elektrody). Testování funkčnosti zaručuje funkce samotestování přístroje a výsledek je zobrazen světelnou diodou na obalu u držadla. Baterie jsou snadno dostupné lithiové, jednorázové. [27]



Obr. 2-15 Umístění AED PLUS ve skříňce [28]

# CardiAid

Pohodlí uživatele je vysoké. Pro snadný přenos je přítomný textilní úchyt na obalu nebo plastový úchyt v rámci samotného přístroje, přístroj je těžký 3 kg s rozměry 301 × 304 × 112 mm. Cena se pohybuje ve vyšší kategorii (58 000 Kč). Otevření přístroje prostřednictvím plastového jazýčku je rychlé, s otevřením víka se přístroj automaticky zapne. Pokyny jsou pochopitelné a dostatečně vizuálně popsané. Aktivní tlačítka jsou v noci světelně zvýrazněna, schémata pak jednou diodou. Ovládací prvky jsou přehledné. Použití standardních elektrod zaručuje univerzální použití pro různé postavy pacientů, pro dítě a dospělého jsou rozdílné elektrody. Umístění elektrod je znázorněno dostatečně srozumitelně. Získaná data jsou dostupná pomocí speciálního softwaru v PC, kam jsou posílána skrz Bluetooth.



Obr. 2-16 Produkt CardiAid [29]

AED je zvýrazněné barevným proužkem na obalu i samotném přístroji, většina povrchu je neutrální, bílé barvy. Zvýraznění plochy se odehrává až po otevření přístroje, což je sporný přístup. CardiAid má ale zajímavě vyřešené umístění do veřejného prostoru v nástěnné polici, nebo pro venkovní prostory ve speciálním boxu (viz Obr. 2-17). Působí navenek medicinským dojmem, po otevření je provedení sice srozumitelné, ale zbytečně „divoké“. Zvýšený lem a nedostatečně odklopitelné víko působí jako bariéra k samotnému uživatelskému rozhraní. Manuální údržba je nutná každé 3 roky (baterie, elektrody). Testování funkčnosti zaručuje funkce samotestování přístroje a výsledek je zobrazen světelně pomocí ikon, indikace skrz průsvit v obalu. [29]



Obr. 2-17 Možnosti uskladnění Cardiaid [29]

## Lifepak CR2 (Physio-Control)

Pohodlí uživatele je vysoké. Pro snadný přenos je přítomný plastový úchyt nebo úchyt v rámci ochranného obalu. Přístroj je těžký 2 kg s rozměry 226 × 274 × 97 mm. Cena se pohybuje ve střední kategorii (41 000 Kč). Otevření přístroje prostřednictvím plastového jazýčku je rychlé, přístroj se zapne automaticky po otevření. Při analýze není u tohoto přístroje potřeba odstoupit od pacienta, může se dále provádět KPR. Pokyny jsou pochopitelné a dostatečně vizuálně popsány. Uživatel je velmi jasně veden pokyny krok za krokem, je možné nastavit dva jazyky. Aktivní tlačítka jsou v noci světelně zvýrazněna, schémata nikoliv. Ovládací prvky jsou přehledné. Použití standardních elektrod zaručuje univerzální použití pro různé postavy pacientů, pro dítě a dospělého jsou použitelné jedny elektrody, v případě pacient-dítě je třeba zmáčknout příslušné tlačítko. Umístění elektrod je znázorněno dostatečně srozumitelně. Získaná data jsou odesílána internetem skrz wi-fi, mobilní síť, nebo USB připojení na centrálu, odkud mohou být přeposlána na ZZS i v průběhu léčby, než ZZS přijede.



Obr. 2-18 Produkt Lifepak CR2 [30]

AED je navrženo decentně, Z odstupu je jasné, že se jedná o AED. Je vhodné pro umístění do veřejného prostoru ve skříňce (viz Obr. 2-19). Díky vícejazyčnému provedení se zařízení hodí např. do míst jako letiště apod. Působí elegantně a díky zaoblení přívětivě, i když by zvolená bílá barva mohla přispívat k medicinskému vzhledu. Design je čistý, bez nepotřebných detailů, zaměřený na jasné a jednoznačné vedení uživatele jednotlivými kroky. Manuální údržba je nutná každé 4 roky (baterie, elektrody). Testování funkčnosti zaručuje funkce samotestování přístroje a výsledek je zobrazen světelnou diodou skrz průsvit v obalu. Baterie je jednorázová LiMnO<sub>2</sub>. [30]



Obr. 2-19 Přenos a umístění Lifepak CR2 [30, 31]

## Lifeline VIEW AED (Defibtech)

Produkt obdržel několik ocenění z designerských soutěží (např. Good Design Award, IDEA, MDEA,...). Pohodlí uživatele je dobré. Pro snadný přenos je k dispozici boční úchyt. Přístroj je těžký 1,4 kg s rozměry 185 × 240 × 58 mm. Cena se pohybuje ve vyšší kategorii (50 000 Kč). Aktivace přístroje probíhá bezprostředně tlačítkem ON/OFF. Ovládání je intuitivní. Pokyny jsou pochopitelné a komplexní. Aktivní tlačítka jsou světelně zvýrazněna, schémata jsou zobrazena na barevném LCD displeji. Na displeji jsou instrukce v textové podobě i ve vizuální - animace. Ovládací prvky jsou přehledné. Elektrody jsou standardní, dostupné po roztržení balení. Pro dítě a dospělého jsou odlišné elektrody. Umístění elektrod je znázorněno velmi dobře. Získaná data jsou uložena v SD kartě a je možné je zobrazit pomocí speciálního softwaru na PC.



Obr. 2-20 Produkt Lifeline VIEW AED [32]

AED je navrženo s důrazem na rozlišitelnost (výrazná až výstražná barevnost). Výrobce nenabízí vlastní možnost montáže na zeď nebo uložení do skříňky, nabízí ale praktickou přenosnou brašnu (viz Obr. 2-21). Přes její průhledný kryt je možné AED ovládat i za špatného počasí. Působí výrazně, jednoduše a čistě, zaoblený design zjemňuje. Design je čistý, bez nepotřebných detailů, zaměřený na stručné vedení oka uživatele potřebným směrem. Manuální údržba je nutná každé 2 roky (elektrody). Baterii je možné měnit po 5-ti nebo 7-mi letech podle typu. Testování funkčnosti zaručuje funkce samotestování přístroje a výsledek je zobrazen světelnou diodou vedle tlačítka „šok“. Baterie je jednorázová  $\text{LiMnO}_2$ . [32]



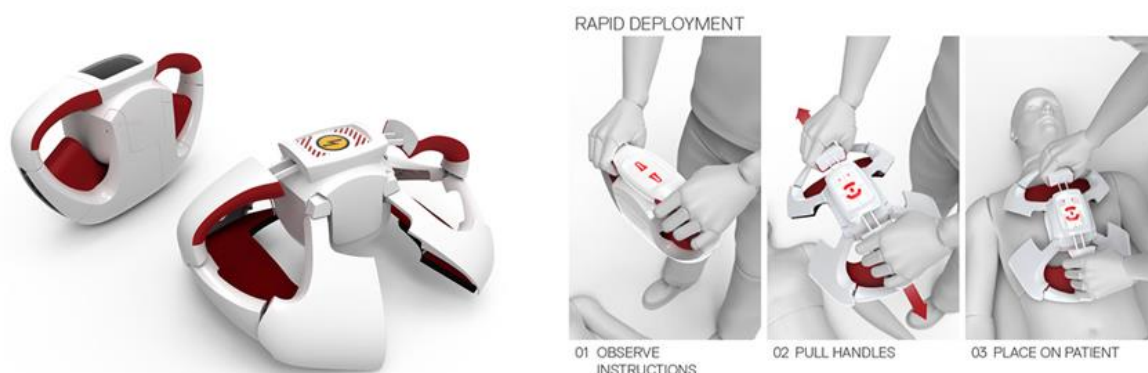
Obr. 2-21 Přenosná brašna Lifeline VIEW AED [33]

### 2.2.3 Koncepty a další relevantní produkty

## COR AED (Enzo Kocak)

Studie Enza Kocaka nastiňuje radikální redesign AED vyzdvihující kompaktnost celistvého řešení. Přístroj se aktivuje roztažením ramen, kdy se elektrody přesunou do aktivní polohy. Elektrody mají být vestavěné v rámci dvou ramen přístroje, což šetří čas, standardně nutný k obsluze přiložených elektrod. AED má mít také funkci kontroly správného přitlaku, nicméně velká plocha, skrz kterou se budou přenášet impulsy, ubírá tlaku na hrudník a snižuje tím účinnost KPR. Zvyšuje tím nároky na fyzickou zdatnost záchránce, aby plně odlehčil hrudník a srdce tak mohlo „nasát“ krev do plné kapacity. Umístění elektrod nad hrudní kost snižuje účinnost elektrického výboje a napomáhá zkratovému šíření proudu mimo srdce.

Design působí masivně a futuristicky, celá obsluha je řešena hlasovými pokyny a ikonami na displeji. Jednoznačnost těchto pokynů zásadně určuje správné použití přístroje, jelikož tyto informace nejsou vizuálně plnohodnotné znásobeny. Toto vyžaduje plnou koncentraci obsluhy a může způsobit psychologický tlak (míra záleží na vhodnosti zpracování hlasových pokynů). [34]



Obr. 2-22 Studie COR AED [34]



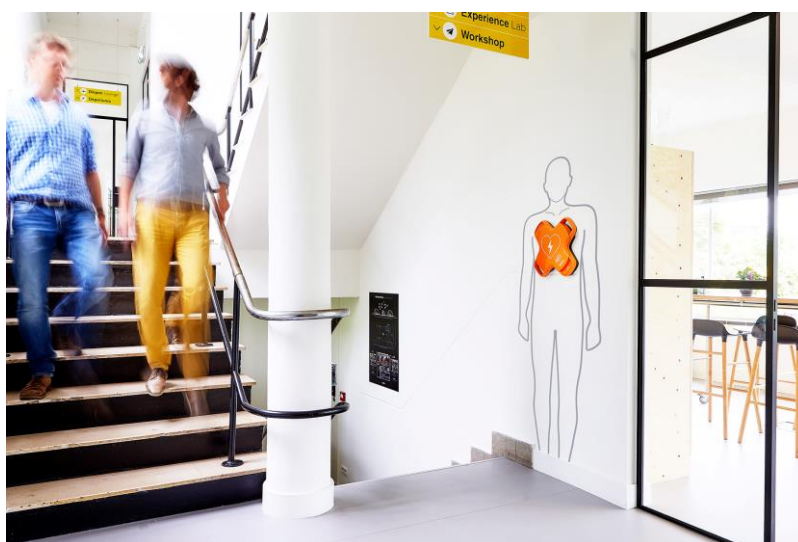
# LifeSaver concept (VanBerlo Agency)

Projekt úspěšného designerského studia sídlícího v Nizozemí. Dle jejího uvedení je toto AED zaměřeno na intuitivnost a „chytré“ řešení. Vedení uživatele danými kroky je velmi zdařilé, instrukce se objevují v daný okamžik na příslušném místě. Zpětná vazba pomocí ukazatelů na elektrodách, usměrňuje KPR zachránce na správnou míru přitlaku na hrudník. Na samotném přístroji uprostřed je pak v daný okamžik aktivováno tlačítko pro výboj.



Obr. 2-23 Koncept LifeSaver [35]

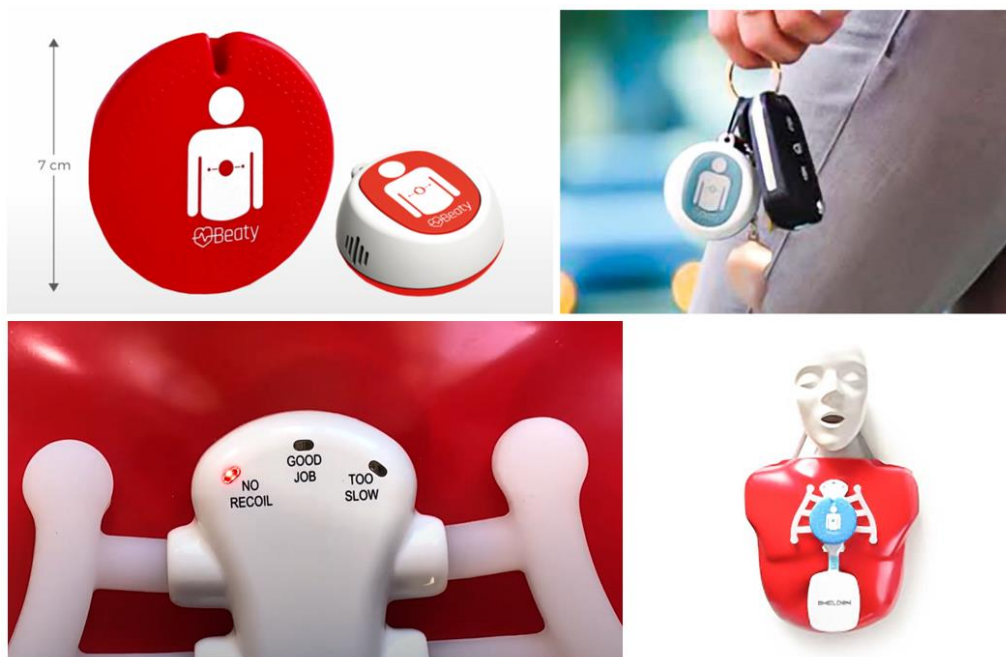
Přístroj působí vlídně a zároveň výrazně volbou barvy. Je vhodný do interiéru veřejných prostor. Tím, že jsou elektrody tvarově symetrické a shodné s tělem AED, se umístění elektrod stává intuitivní. Tomu přispívá i doporučený způsob instalace na zeď (viz Obr. 2-24). Možnou nevýhodou může být snížení univerzálnosti elektrod pro různé postavy pacientů a zapomenutí odlepení ochranné folie zpoza elektrod. [35]



Obr. 2-24 Kontext – umístěn LifeSaveru ve veřejném prostoru [35]

# Beaty (Medical Feedback Technologies)

Kapesní asistent nepřímé srdeční masáže Beaty slouží k indikaci (pípnutí) dostatečného tlaku na hrudník. Spolu s jiným zařízením, poskytujícím ideální rytmus pípáním tak zaručuje kontrolu tlaku a frekvence masáže srdce tím, že člověk sladí oba zvukové indikátory. Prodává se často spolu s výše zmíněným produktem značky Defibtech. Pro tréninkové účely je možné si k němu pořídit přístroj Sheldon. Ten kontroluje dostatečnou frekvenci stlačování a dostatečné uvolnění hrudníku a indikuje sílu, při které by mohlo dojít ke zlomení žebra. [36, 37]



Obr. 2-25 Asistent srdeční masáže Beaty [36, 37]



## CPRmeter 2 (Laerdal Medical)

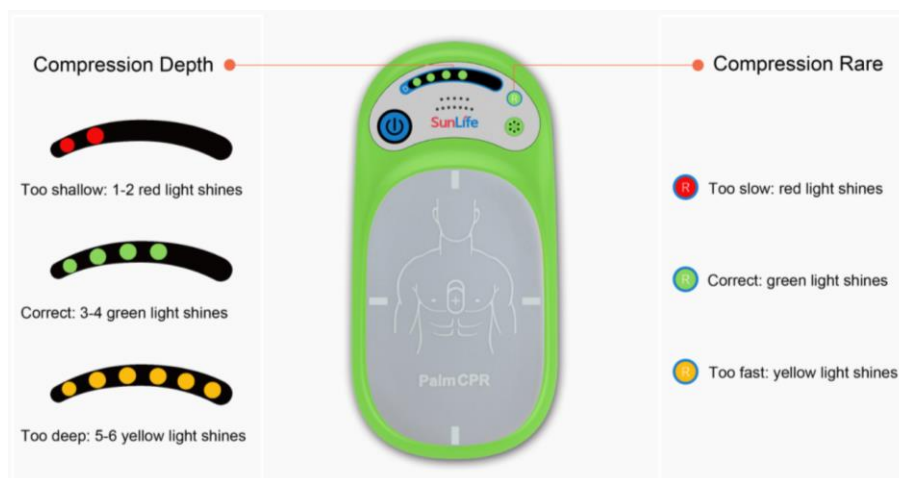
Tento elegantní produkt je určen dle výrobce pro „first respondery“. Na displeji sděluje zachránci dvě informace. První je informace o stlačení hrudníku. Výhodou je, že přístroj hodnotí kromě dostatečné komprese i dostatečné povolení hrudníku. Pokud je výkon dostatečný, jsou políčka v zeleném zámečku „plná“, pokud ne, rozsvítí se žlutá šipka směřující k políčku. Informace je předána přehledně na jedné škále. Druhou informací je kontrola frekvence stlačování, kdy se zachránce snaží udržet rafičku v zeleném poli. [38]



Obr. 2-26 Asistent srdeční masáže CPRmeter 2 [38]

## PalmCPR (SunLife Science)

Produkt s podobným uspořádáním interface jako CPRmeter 2. Provedení jeho sdělovačů není zcela intuitivní. Např. kontrola rytmu probíhá blikající diodou v třech možných barvách, přičemž pokud zachránce nevykonává masáž ve správném tempu, podle zvolených barev samozřejmě nepozná, jestli je moc rychlý, nebo pomalý. Přístroj nabízí hlasové vedení, které má samo o sobě dobrou sdělnou hodnotu. To je možné vypnout pro případ použití přístroje s AED. [39]

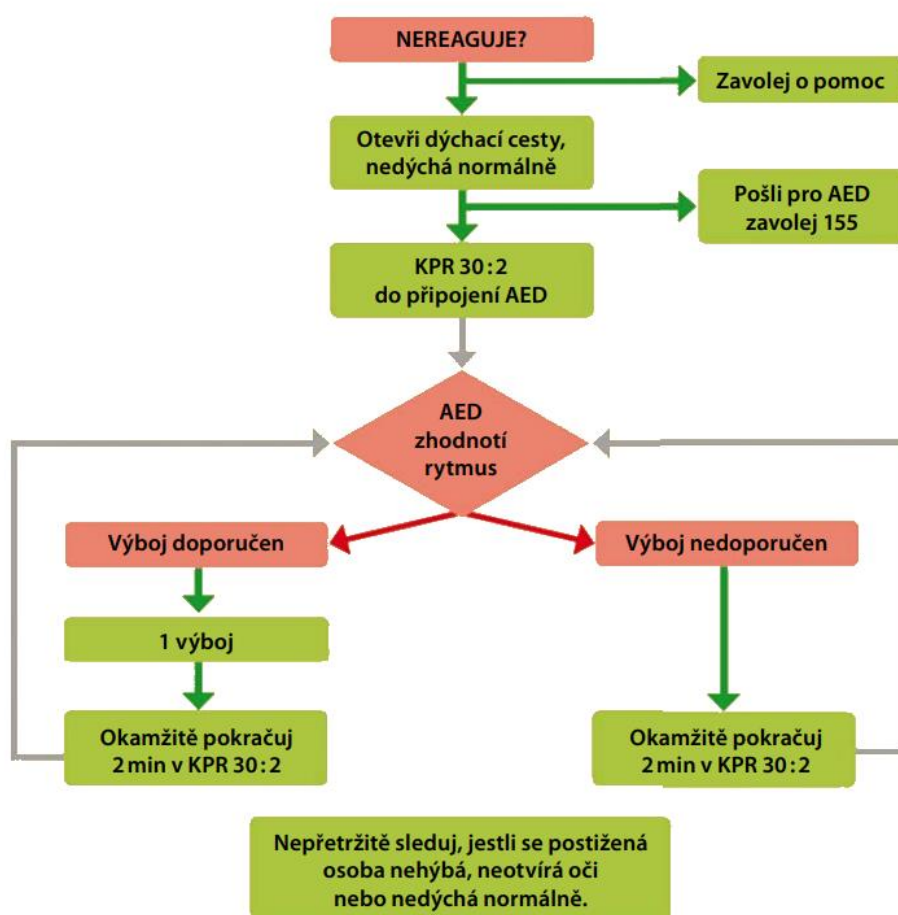


Obr. 2-27 Asistent srdeční masáže PalmCPR [39]

## 2.2.4 Interakce uživatel – AED – pacient

Na ideální výsledek léčby a i na psychický stav záchránce má vliv určitá strukturace potřebných úkonů. Pokud je má záchránce již zažité ze zkušenosti či školení, ušetří mu to čas i „nervy“. Pokud je v této situaci poprvé, použije svůj vlastní rozum (zejména před zapnutím přístroje) a vedení pokynů přístroje. Jelikož je situace velmi stresující, je pro nezkušeného záchránce těžké si udržet „chladnou hlavu“. Emocionální reakce bývají často rychlejší.

Pro přehlednost přidávám diagram, znázorňující všeobecný postup použití AED, který navazuje na dříve zmíněný podrobný popis správného postupu rozšířené KPR, viz kap. 2.1.3.



Obr. 2-28 Všeobecný postup použití AED [4]

Samotná interakce přístroje AED s uživatelem je pak následující.

1. vyhledání a získání AED
2. uložení AED vedle pacienta
3. zapnutí přístroje
4. provedení úkonů dle hlasových instrukcí dle [40]:
  - Odhalte pacientův hrudník.
  - Po obnažení hrudníku pacienta otevřete šedou plastovou krabičku a odlepte bílé nalepovací elektrody. Pozorně si prohlédněte obrázky na bílých nalepovacích elektrodách.
  - Odlepte jednu bílou elektrodu z krabičky. Nalepte elektrodu přesně podle obrázku. Pevně přitiskněte na obnaženou pokožku.
  - Po umístění první elektrody nalepte druhou elektrodu. Nalepte elektrodu přesně podle obrázku. Pevně přitiskněte na obnaženou pokožku.
  - Ustupte od pacienta. Analyzují srdeční rytmus.
  - Stiskněte blikající oranžové tlačítko teď.
  - Výboj aplikován. Ujistěte se, zda byla volána záchranná služba. Můžete se dotýkat pacienta.
  - Zahajte resuscitaci. Pro nápovědu k resuscitaci stiskněte blikající modré tlačítko.

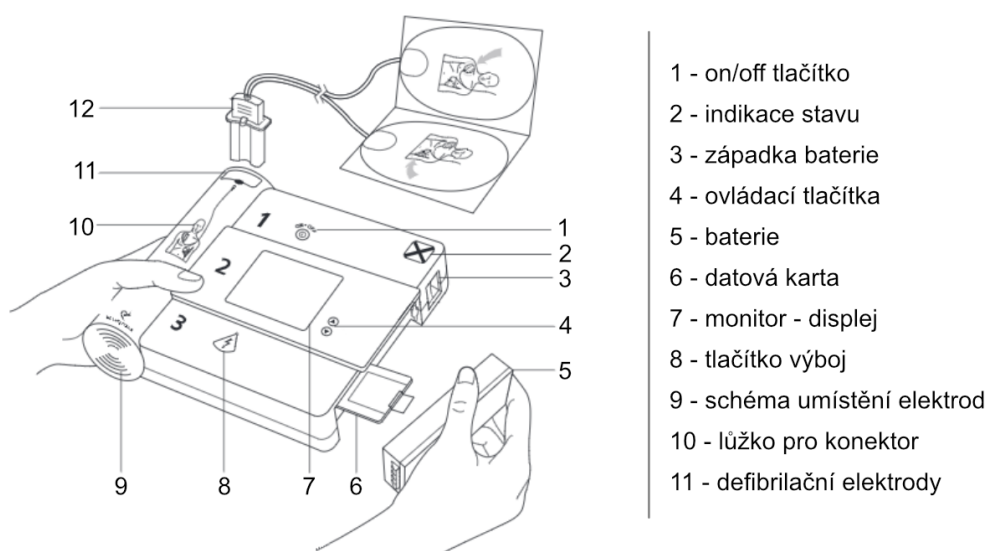
## 2.3 Technická analýza

Vybrané přístroje se hmotnostně pohybují v rozmezí 1,4 – 3,1 kg. Výchozím tvarem pro drtivou většinu zařízení je kvádr. Prostorová orientace uživatelského rozhraní se objevuje na šířku i na výšku. Rozměry vybraných AED se pohybují v následujících rozmezích; šířka: 185 – 301 mm, výška: 180 – 304 mm, hloubka (tloušťka): 58 – 133 mm.

### 2.3.1 Vnější uspořádání a vybrané prvky

Klade se důraz na zřetelnost ovladačů a sdělovačů a to i např. ve tmě. Proto jsou ovládací a sdělovací prvky dostatečně výrazné a ideálně osvětlené. Typicky začne tlačítko výboj při okamžiku doporučení výboje blikat.

Je zohledněna přenosnost, a to buď přímo v rámci madla zakomponovaného do tvaru AED, nebo jako součást ochranného obalu. Přenosný obal je buď textilní, nebo plastový. Prodejci nabízejí obě varianty v rámci specifických balíčků.



Obr. 2-29 Schéma vnějšího uspořádání [41]

# Displej

U profesionálních defibrilátorů jsou displeje nezbytným prvkem. Sdělují uživateli podrobné informace potřebné k co nejefektivnějšímu provedení manuální defibrilace. Se snižující se erudovaností uživatele se zvyšuje potřeba automatizace. Vyhodnocující roli lékaře nahrazuje přístroj AED a není tedy potřeba sdělovat uživateli podrobné informace o zdravotním stavu pacienta. AED pro neerudovanou laickou veřejnost displej často nemají, ovšem některé produkty tento prvek zahrnuly. V tomto případě je nutné spíše klást důraz na pochopení jasných instrukcí poskytovaných AED. Majoritní roli hrají hlasové pokyny, ale ty jsou často ještě zdvojeny přepisem, zobrazujícím se na displeji nebo schematickým znázorněním. Displej tedy přebírá roli vysvětlovací, objasňovací.

Zobrazované informace u laických AED:

- měření času
  - od zapnutí
  - do další analýzy
- stav baterie
- křivka EKG
- způsob naložení elektrod
- přepis hlasových pokynů

Nejčastěji se setkáme s LCD displeji (liquid crystal display), které se liší rozlišením a spektrem barev. Podsvícení je u novějších typů řešeno pomocí technologie LED, která oproti starší technologii podsvícení CCFL nabízí vyšší životnost a kvalitu obrazu a nižší spotřebu energie. Perspektivními typy obrazovek jsou pak např. OLED a QLED a nabízejí vyšší kvalitu obrazu. Jmenovitě OLED nevyžaduje celoplošné podsvícení, tím zvyšuje kontrast a nabízí tak až „absolutní“ černou. V současné době mají obě varianty zatím relativně vysokou pořizovací cenu. Za zmínku také stojí displeje typu ELD (elektroluminiscent display), které jsou používány u manuálních AED a dále u průmyslových strojů, jiných medicínských přístrojů a palubních desek automobilů. [42]



Obr. 2-30 LCD displeje [29, 33]

# Elektrody

Většina produktů nabízí pediatrické elektrody (pro děti do 8 let nebo do 25 kg) a elektrody pro dospělé pacienty (myšleno starší 8 let nebo těžší než 25 kg). Produkty např. značky Philips a Physio-Control ale nabízejí jedny universální elektrody, pro děti se nastavuje mód přímo na přístroji.

Hlavními funkčními částmi elektrod je elektricky vodivý adhezivní gel (hydrogelový polymer) a samotné kovové elektrody (cín). Důležitý je také těsnící obal, který brání vysychání vodivého gelu a dalším poškozením (vícevrstvá laminátová folie - Zoll, plastová krabička - Philips). [43]

Společnost Zoll nabízí elektrody spolu se zařízením pro bezprostřední feedback, přes který záchránce masíruje střed hrudníku. Pomocí akcelerometru a snímače síly zařízení vyhodnocuje, zda je srdeční masáž prováděna dostatečně.

Zobrazované informace na elektrodách:

- místo odlepení ochranné folie pomocí šipek
- umístění elektrod na hrudníku
- místo pro stlačování hrudníků



Obr. 2-31 Typy elektrod [29, 30]

## Datové karty

Pro uchování dat o průběhu léčby přístroje využívají flashdisk, SD karty a jiné speciální paměťové karty (DDC – Defibtech Data Card). Data se následně přenášejí na PC s příslušným softwarem.

Pro účel okamžitého informování ZZS o průběhu výboje mohou být tato data sdělena hlasově přímo z AED, nebo mohou být dálkově zaslána pro ZZS přes centrálu ještě před příjezdem (Lifepak CR2), nebo mohou být ze zařízení AED přeposlána pomocí Bluetooth (souhrnné PDF). Data mohou být posílána dálkově např. přes mobilní síť. [31, 33]

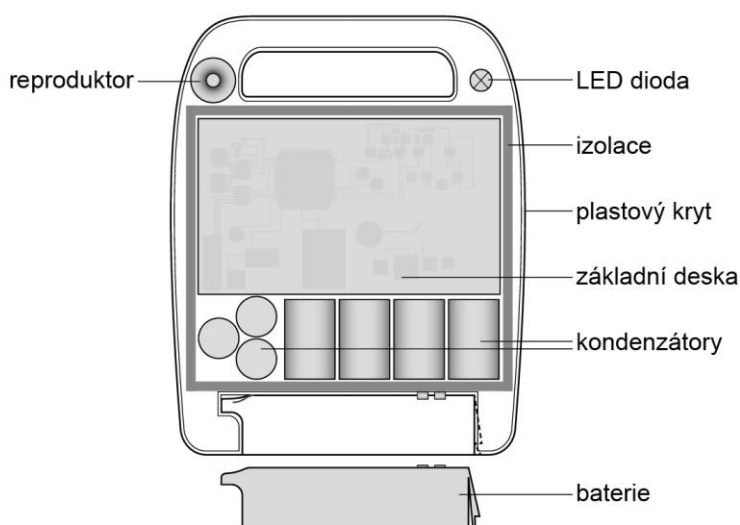
# Zdravotnické potřeby

V průběhu ošetření pacienta může nastat situace, kdy bude příprava hrudníku na přiložení elektrod náročnější. Je třeba odstranit šatstvo a zaručit suchou a hladkou kůži. V průběhu resuscitace je možné použít resuscitační masku (nebo roušku) s jednocestným ventilem a antibakteriálním filtrem. Dýchání z úst do úst se obecně nedoporučuje, nicméně pokud bude na místě zkušenější záchránce, zvýší se při správném provedení šance na přežití. Mohou se tedy hodit tyto zdravotnické potřeby [28]:

- nůžky
- papírová utěrka
- žiletka
- gumové rukavice
- resuscitační maska nebo rouška

## 2.3.2 Vnitřní uspořádání

Uvnitř plastového krytu AED je vysokonapěťová elektronika odizolována izolační gumovou pěnou. Jedná se o kondenzátory s deskou plošných spojů (DPS). Její funkcí je propojit jednotlivé součástky do funkčního celku a poskytnout jim náležité elektrické napájení z baterie. K základní desce je často připojena dceřiná deska (daughterboard). Jde o základní hardware s potřebnou mikroelektronikou, součástí jsou také sloty pro ukládání dat. Mezi jednotlivými součástkami zajišťuje komunikaci Čipová sada (Intel). Bokem hlavní odizolované části pak mohou být instalovány LED dioda a reproduktor. Kromě typických komponentů zobrazených na obrázku níže může přístroj AED zahrnovat také další součásti, jako např. mikrofon pro snímání ambientních zvuků a přizpůsobení hlasitosti pokynů. [44]



Obr. 2-32 Schéma základního vnitřního uspořádání AED

# Baterie

Baterie je zdroj elektrické energie, vzniklé přeměnou energie chemické. Využívá k tomu princip funkce galvanického článku a obsahuje jeden či více takových článků. Poskytuje stejnosměrný proud.

Galvanické články dělíme na primární (baterie) a sekundární (akumulátory). U primárních článků je chemická reakce nevratná, jelikož dochází k spotřebě materiálu na elektrodách. Pokud se mluví o dobíjecích bateriích, měl by se správně použít pojem akumulátor. Akumulátory využívají k přeměně energie vratnou chemickou reakci a je tedy možné je znovu nabít. K chemické reakci dochází za přítomnosti elektrod (záporná anoda, kladná katoda) a elektrolytu.

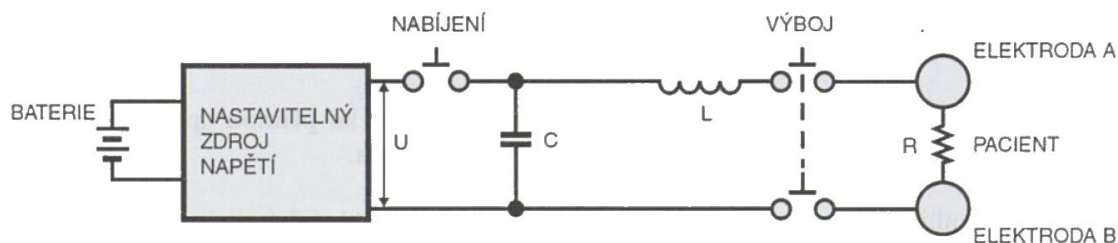
Pro AED jsou k dostání typicky jednorázové baterie, existují ovšem i případy využití nabíjecích baterií. Nejčastějším typem jsou lithiové baterie, resp. lithiové články. Anoda je zhotovena z kovového lithia, avšak chemické složení elektrolytu a katod se různí. Často se jako katoda používá oxid mangančitý  $\text{MnO}_2$  a jako elektrolyt lithiová sůl v organickém rozpouštědle. Tyto články se vyznačují dlouhou životností. Značíme je  $\text{Li-MnO}_2$ . Další časté složení článků jednorázových baterií je  $\text{Zn-MnO}_2$  (klasický alkalický článek).

Možnost dobíjení pak nabízí mj. nejběžnější lithium-iontový (Li-ion) akumulátor. V tomto případě je anodou lithium vázané v grafitu a katoda je tvořena oxidem lithno-kobaltitým  $\text{LiCoO}_2$ . Elektrolyt zastupuje lithiová sůl v daném organickém rozpouštědle. [45, 46]



### 2.3.3 Fyzikální princip defibrilace

„Defibrilace – podání elektrického výboje o nastavené velikosti proudu s cílem dosáhnout synchronizované depolarizace co největšího množství myocytů a zrušit tak maligní arytmií.“ [47]. Zásadní roli hraje přiměřené množství proudu a jeho průběh v čase.



Obr. 2-33 Schéma RLC obvodu [16]

Baterie po sepnutí spínače „nabíjení“ nabije kondenzátor o kapacitě  $C$  na zvolenou hodnotu napětí  $U$ . Ten po zmáčknutí tlačítka výboj vyšle elektrický impuls, který se pak přes zdánlivý odpor pacienta  $Z$  (reprezentující impedanci) vybije. Tlumivka (cívka) s indukčností  $L$  upravuje průběh el. proudu v čase tak, aby byl pro tělní tkáň méně škodlivý. Proudová křivka má pak tvar zatlumené sinusoidy. Při užití nezatlumené proudové křivky exponenciálního tvaru se intenzita výboje volí nižší a v delším časovém intervalu.

Hodnoty elektrických veličin pro zatlumenou proudovou křivku dle [16]:

- napětí  $U = 1\,500 - 4\,000\text{ V}$
- intenzita proudu  $I = 30 - 40\text{ A}$  při impedanci hrudníku  $Z = 70 - 80\ \Omega$
- doba trvání výboje  $t = 3 - 9\text{ ms}$

Odpor pacienta může kolísat mezi  $25 - 180\ \Omega$  [47]. V souvislosti s lidským tělem používáme často pojem impedance. Impedance je rozšířením pojmu el. odpor i pro situace, kdy prostředím prochází střídavý proud a také pro něj platí Ohmův zákon. Závisí na vnitřní impedanci hrudníku a zvyšuje se také s impedancí místa na kůži, kudy proud vtéká a vytéká (přechodový odpor mezi hrudníkem a elektrodami). Přechodový odpor je zvýšen v případě vyschlých elektrod, poškozeného povrchu elektrod, nedostatečné adheze k pokožce (ochlupení apod.). Impedance je také ovlivňována charakteristikou daného lidského těla. Vnitřní impedance je dána dráhou proudu protékajícího hrudníkem a odpor kůže je určen teplotou, vlhkostí a dalšími faktory určenými algoritmem výboje a vlastnostmi elektrod. [16, 47]

Je možné potkat se s dvěma typy výbojů, monofázickým a bifázickým. Vícefázické nejsou používány. Ve stručnosti dochází v případě monofázického výboje k jednosměrnému průchodu proudu hrudníkem. U bifázického díky obrácení polarity elektrod proud projde tam a zase zpět. Zatímco efektivita se u monofázických výbojů pohybuje v rozmezí 70–90 %, u bifázických je to až 93–95 %. Odůvodněně je tedy čím dál více AED založeno na bifázickém principu výboje. [47]

Intenzitu defibrilačního výboje udávají výrobci běžně v joulech (J), jednotce energie (E).

$$E = I \times U \times t \quad (1)$$

Ovšem rozhodující je velikost proudu, která je závislá na impedanci pacientova hrudníku dle ohmova zákona.

$$I = U/Z \quad (2)$$

Pro účinnou elektrickou defibrilaci jsou tedy nutné tyto předpoklady:

- vhodná dávka elektrického proudu
- vhodný průběh elektrického impulsu/výboje v čase
- zásah dostatečného množství buněk fibrilujícího myokardu

Teprve po splnění těchto předpokladů je možné obnovit normální srdeční rytmus řízený sinoatrálním uzlem. [16]

### 2.3.4 Materiály

Ve většině případů je pro tělo AED zvolen ABS díky své odolnosti i ve venkovních podmínkách a mechanickým vlastnostem. Přístroje značky Phillips mívají plast často i pogumovaný. Pro elektroniku se využívá zejména vodičů jako měď a cín, v rámci mikroelektroniky jsou přítomny křemíkové příměsové polovodiče. U baterií se často setkáme s lithiem, zinkem a organickými rozpouštědly. Pro izovaci jsou používány kaučuky (např. EPR – etylenpropylenový) a různé izolační pěny. [48] Jednotlivé součásti výrobce z větší části kupuje od dodavatelů a následně je kompletuje.

### 2.3.5 Systém a údržba

V ČR není žádný oficiální centrální registr přístrojů AED. Majitel AED nemá povinnost se nikam nahlašovat, i tak ale určité neoficiální registry existují. Např. Záchranka, z. s. se svou stejnojmennou aplikací nabízí registr AED, kam se může přihlásit jakýkoli vlastník AED a je s ním navázána i užší spolupráce. [49]

ZZS Jihomoravského kraje pracuje na rozmístění AED s prioritou v krajském městě Brně. Postupně dislokovala přístroje AED i do složek IZS. Do projektu je významně zapojena policie, jmenovitě zejména Krajské ředitelství policie Jihomoravského kraje a Městská Policie Brno. [50]

Údržbu přístroje si zaručuje každý vlastník sám. V případě veřejných AED zajišťuje údržbu zpravidla místní ZZS. [49] V některých případech zaručuje údržbu výrobce nebo jiná společnost spolupracující s výrobcem (Philips, CardiAid). Zařízení AED je nutné kontrolovat pravidelně, zejména jedná-li se o veřejně přístupný přístroj. Společnosti, specializující se na údržbu AED, zaručují kontrolu dvakrát ročně.

Níže je objasněna údržba přístroje Philips Heartstart FRx dle [51].

Přístroj provádí každý den samotestování (testování stavu elektroniky). Výsledek je viditelný pomocí indikátoru stavu (LED dioda). Pokud bliká zeleně, znamená to, že zařízení prošlo posledním testem bez problému a je připraveno k použití. Pokud indikátor svítí zeleně a nepřerušovaně, probíhá právě samotestování, nebo je AED zapnuté. Pokud indikátor nesvítí ani neblinká a zároveň nevydává přístroj jiné zvuky a ani tlačítko „informace“ nesvítí, je příčinou vybitá baterie nebo je třeba AED opravit výrobcem. Pokud indikátor nesvítí ani neblinká, ale tlačítko „informace“ bliká a přístroj vydává přerušované zvukové signály, objevila se chyba při posledním testování a po zmáčknutí tlačítka „informace“ jsou sděleny potřebné informace. Pokud přístroj nevydává žádné světelné signály, pouze zvukové tři signály po sobě, objevil se zásadní problém a je nutné nahlédnout do manuálu, případně kontaktovat výrobce.



Obr. 2-34 Kontrola indikátoru stavu [52]

Dále je nutné zkontrolovat stav elektrod (jakékoli narušení obalu může snížit trvanlivost) a datum expirace na elektrodách vložených v balení i záložních elektrodách v ochranném obalu. Je nutné dodat, že toto řešení elektrod není obvyklé, standardně jsou elektrody pouze v jednom obalu.



Obr. 2-35 Kontrola stavu elektrod [28]

Na baterii je uvedeno "Install Before Date", tedy datum, před nímž je nutné baterii instalovat do AED a od kterého se počítají 4 roky (různé dle výrobce), kdy je baterie použitelná. Před vypršením lhůty je třeba ji vyměnit. Pokud má majitel záložní baterie, zkontroluje datum i na nich.



Obr. 2-36 Kontrola data na baterii [28]

Kryt AED by měl být neporušen, pokud jsou viditelné nějaké známky poškození, je nutné kontaktovat technickou podporu výrobce. Pokud má majitel vedle AED i příslušné zdravotnické potřeby, je nutné zkontrolovat jejich stav a v případě potřeby je vyměnit. Posledním krokem je zaznamenání důležitých dat a událostí na kontrolní štítek, který je možné k AED připojit.

Kontrola a potažmo údržba zařízení probíhá manuálním způsobem. Nové technologie nabízí různé ulehčení v podobě speciálních aplikací, doručujících upozornění v potřebném okamžiku, nicméně ve výsledku ale stále musí přijít člověk, který dané součásti vymění. Otázka je, jestli to bude přímo majitel, nebo zprostředkující agentura např. certifikovaná od výrobce.

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Použitelnost AED je zásadním parametrem designu. Bezchybná a rychlá interakce zachránce s přístrojem a i pacientem je klíčová. Zachránci se ale od sebe liší. Nároky na přístroj AED má laik jiné než profesionál, na druhou stranu i mezi laiky se najdou lidé se zkušenostmi. Je nutné skloubit tyto požadavky v rozumnou střední cestu, která profesionály příliš neomezí a zároveň pomůže laikovi a bude ho vést krok za krokem pomocí pokynů, které eliminují možné pochybnosti a víceznačnosti. Krokem s největší mírou volnosti pro zachránce je naložení elektrod na hrudník.

Flexibilita umístění elektrod na hrudníku pacienta zvyšuje chybovost laiků a ovlivňuje negativním způsobem efektivitu defibrilačního výboje, popř. zvyšuje riziko popálení pacienta. V případě profesionálního zachránce může být flexibilita naopak určitou výhodou, např. pokud má pacient implantovaný kardiostimulátor nebo jiná nevšední omezení. Jak již bylo dříve naznačeno, je třeba najít vhodnou cestu, která bude mít hlavní kritérium eliminovat chybovost.

Kromě výzev v oblasti použitelnosti je tu i možnost jiného pohledu na kontext použití. AED jsou často řešeny pro univerzální použití. Jelikož ale statistiky jasně ukazují na velký výskyt OHCA v místech pobytu, trh v této oblasti zaostává. Vzhled většiny přístrojů je spíše terénní, působí odolně. Pro statickou alokaci v obytném zařízení je toto vzezření spíše rušivé. Pro dynamickou alokaci je to vyhovující. I zde je ovšem prostor pro větší respektování kontextu. Například pokud je AED umístěno v plném kufru, může být obtížné se k AED dostat a tím nastávají časové ztráty.

## 3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

Aktuálně se síť AED rozrůstá nejen v České Republice, ale i mezinárodně. Jde o jakýsi trend, který započal v USA. Různé státy mají rozdílně vyvinutou strukturu implementace AED do společnosti. Doba, za kterou je možné AED dopravit na místo potřeby je závislá na daném systému. Zde se můžeme ptát, jestli současné řešení problematiky AED odpovídá požadavkům společnosti, resp. jestli zohledňuje nejkritičtější situace a místa potřeby kam patří právě místa pobytu, kde se OHCA odehrává nejčastěji. Působení AED je ve většině případů spíše odolného a terénního charakteru. Pro umístění v obytných zařízeních ovšem dává smysl spíše uhlazenější výraz. Pro případy dynamické alokace samozřejmě existují přenosné brašny a kryty pro přístroje AED, jedná se o praktické řešení, ale mohlo by se jít i dále a zohlednit situaci koncepčněji.

Statistiky ukazují jasně, že nejvíce OHCA se odehrává v místě pobytu. Případný zásah v tomto prostředí tedy vyžaduje buď donesení AED v blízkosti (statická alokace), nebo čekání na příjezd ZZS nebo zkušeného záchránce, tzv. „first respondera“, který bývá zpravidla kontaktován dispečerkou operačního střediska (dynamická alokace). Záleží tedy na hustotě rozmístění AED, či na časové flexibilitě záchranných složek. Čím hustěji jsou oblasti osídleny, tím větší je pravděpodobnost nějaké skříňky s AED. Problémové v tomto ohledu vždy budou oblasti s nízkou hustotou osídlení. Zde je na místě právě dynamická alokace. A směřování nejen ZZS Jihomoravského kraje jde tímto směrem, kdy rozšiřuje síť first responderů do složek IZS. Tento způsob má oproti statické alokaci AED výhodu v tom, že s přístrojem AED přijede i osoba zaškolená pro tyto situace.

## Tvarosloví a barvy

Tvarování vychází většinou z modifikovaného kvádra a evokuje dojem boxu. Tento koncept koresponduje s otevíráním pomocí odklopení a ve většině případů je tak využit. Odklopení bývá řešeno kloubovým spojem, zřídka se ale setkáme i s plně odnímatelným krytem. Výjimku pak tvoří další kreativní přístupy, jako např. studie Enzo Kocaka. Zde je tvarování velmi odlišné. Můžeme si povšimnout výrazných madel a principu rozložení hmoty po „odemknutí“. Tato inovace výrazně mění způsob interakce uživatele s přístrojem a přináší i své nevýhody. Jelikož je uživatel zpravidla v emočně vypjaté situaci, je nutné klást důraz na pochopitelnost a jednoznačnost řešení. Např. nový způsob otevírání může představovat riziko nepochopení, resp. zpomalení interakce s přístrojem a ve výsledku může způsobit nevratné zdravotní komplikace pacienta. Je-li použit nějaký nový způsob interakce, je nutné na něj dostatečně upozornit a podpořit jeho intuitivnost v tvarovém nebo i grafickém řešení.

U stávajících produktů se setkáme s tlumenými i křiklavými barvami, s kontrastními i simultánními přechody. Např. výrobce Philips používá spíše tlumených a tmavších barev základní hmoty AED a doplňuje je o kontrastní tóny zvolené pro tlačítka. Na obalu elektrod jsou pak další barevné prvky upoutávající pozornost. Přenosný obal, který je neoddělitelnou součástí, jelikož uschovává elektrody, upoutává pozornost kombinací sytě červené a bílé barvy. Je tedy kladen důraz na lehké rozpoznání AED a při interakci na funkční tlačítka a elektrody. Další vizuální prvky jsou potlačeny a tím je podpořena jednoznačnost při užití.

Tento princip není využit např. u produktu CardiAid, kde je barva použita jako kontrastní prvek pro zvýraznění spodní hrany přístroje a také na interakční plochu, která je řešena přinejmenším sporně, jelikož zvýrazňuje spíše samotnou plochu – pozadí, než informace na ní zobrazené – figuru. Zde barva podporuje spíše AED jako objekt sám o sobě než jako prostředek k další interakci, což pro uživatele není ideální řešení a zavádí pozornost jinam. Takovýto princip bývá použit spíše pro marketingové záměry nežli pro dobro samotného uživatele.

## Manipulace a interakce s AED

Jak je zmíněno výše, ve většině případů je použit princip odklopení víka / krytu a zřídka se setkáme s jiným alternativním přístupem. U některých přístrojů je otevření krytu funkčně propojeno se zapnutím přístroje. Po zmáčknutí určeného tlačítka se začne kryt automaticky odklápět, nebo se při mechanickém odklopení přístroj automaticky zapne.

Většina produktů je doplněna grafickými instrukcemi v podobě schémat správného postupu užití. Základním užitým schématem je zobrazení pokynu pro odhalení hrudníku a umístění elektrod na hrudníku pacienta. U některých produktů je přístup komplexnější a provádí uživatele – záchránce celým postupem rozšířené KPR (např. AED PLUS – Zoll). Dochází ke znásobení informací z hlasových pokynů. Pozorný uživatel může tohoto využít pro ujištění-se správným postupem a kontrolou, zda-li některý krok neopomenul. Ovšem pro uživatele, nacházejícího-se ve velkých emocích a ve spěchu, je nutná hierarchizace informací, zejména pokud jich má uživatel vstřebat více. I v tomto případě je tedy třeba dbát na jakousi bilanci, aby se efektivita sdělení informace s větší kvantitou spíše nesnížila. V daném okamžiku by mělo být uživateli jasno, co je třeba udělat. Důraz je tedy dobré klást na členění informací v závislosti na okamžiku užití a důležitosti sdělení. Lifepak CR2 je v tomto dobrým příkladem.

# Elektrody

U stávajících produktů se setkáváme nejčastěji se základními dvoudílnými elektrodami. Ty vynikají svou flexibilitou v ohledech manipulovatelnosti. To je zároveň jejich výhodou i nevýhodou. Zkušený záchránce má díky nim volnou ruku a může přizpůsobit umístění elektrod k dosažení co největší efektivity např. i u pacienta se speciálními požadavky (kardiostimulátor, nestandardní proporce a rozměry hrudníku). Naproti tomu laik, který je neznalý problematiky, je konfrontován s přemírou možností umístění a natočení elektrod. Tím se zvyšuje pravděpodobnost jeho chybovosti, na kterou má samozřejmě také vliv jednoznačnost poskytovaných vizuálních instrukcí, na kterých je tento člověk doslova závislý. Přístroje AED se ovšem budou čím dál více objevovat v ruce laika a jejich design by to měl respektovat.

Pro uživatele, který není s používáním AED dostatečně srozuměn, jsou ideální jednodílné elektrody. Je tomu tak z důvodů dříve nastíněných. Uživatel má v ruce jen jeden objekt, který je obvykle tvarově srozumitelnější pro správné umístění. U jednodílných elektrod je navíc umístěn senzor přítlaku, který navádí laika ke správné kompresi hrudníku. Oproti tomu, to, co je výhodou pro laika, může být zároveň nevýhodou pro zkušeného záchránce. Snížená flexibilita manipulace může v určitých nestandardních situacích tzv. svazovat ruce.

Existuje zde ovšem i směr jakési „střední cesty“, který se snaží kombinovat výhody obou typů elektrod. Je tím oddělení senzoru s přední elektrodou od boční elektrody, což zvyšuje manipulovatelnost a univerzálnost použití. Oddělení je u některých produktů zajištěno principem odtrhnutí, nebo je elektroda od začátku oddělena a je napojena pouze el. kabelem. Tyto elektrody jsou ovšem dostupné jen ve verzi pro dospělé, jelikož pro předozadní umístění na hrudník dítěte nejsou dimenzovány.



### 3.2.1 Shrnutí obecných požadavků na AED

Hlavním smyslem AED je ve výsledku zvýšení pravděpodobnosti přežití. To závisí zejména na třech přítomných subjektech a na jejich vzájemné interakci. Jsou to:

- pacient,
- prostředek léčby (AED, elektrody) a
- uživatel.

Kromě této primární funkce v okamžiku použití přístroje je ale vhodné zohlednit i fungování přístroje v období, kdy není aktivně používán při záchraně. Pro určitou strukturaci řešerše v rámci ohodnocení úspěšnosti designu dělím požadavky na design do hlavních kategorií zmíněných níže.

Design by měl zaručovat v situaci použití:

- medicínskou účinnost
  - cíl: účinnost
  - vlastnost produktu
  - uzpůsobení dítě x dospělý a žena x muž, možnost správného umístění elektrod a přizpůsobitelnost různým postavám, zapojení KPR do pokynů (pro neškolené)
  - přenositelnost dat pro přichozí ZZS (počet výbojů, doba od zapnutí)
- pochopitelnost uživatelem,
  - cíl: bezchybnost
  - nejvíce relevantní pro člověka, který s AED pracuje poprvé
  - vedení uživatele jednotlivými kroky: jednoznačnost, stručnost, viditelnost (za tmy,...), vhodný sled kroků
- pohodlí uživatele.
  - cíl: rychlost
  - nejvíce relevantní pro školeného člověka
  - ergonomie, intuitivnost, manipulace

Dalšími faktory jsou pak:

- snadná údržba a
  - frekvence nutné manuální údržby (výměna elektrod, baterie), systém samotestování a způsob odesílání dat
- vhodné zařazení do kontextu.
  - soulad designu vzhledem ke kontextu použití
  - viditelnost, estetika, působení, možnosti umístění AED (dovnitř skřínky, bezprostředně na zeď,...)

### 3.3 Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce je nabídnout koncept, který bude zohledňovat výskyt NZO léčitelných defibrilací v obytných zařízeních a to zejména ve smyslu přizpůsobení designu danému umístění a interakci se zachránci a pacientem.

Dílčí cíle:

- navrhnout praktické umístění přístroje podle určené aplikace
- použít jednoduše pochopitelnou estetiku podporující pocit bezpečí a jistoty, která zohledňuje prostředí uchování přístroje
- dbát na srozumitelnost a formální čistotu řešení, vést pozornost uživatele jednoznačně z kroku na krok
- integrovat analýzu kvality stačování hrudníku během KPR a přehledně zobrazovat míru dostatečnosti provedení v reálném čase
- zohlednit dostupnost zdravotnických potřeb – pokud v cílovém prostředí nebude dostupná lékárnička, mohou být integrované v obalu AED
- navrhnout design pochopitelný pro laiky, ale zároveň jím neomezit zkušené zachránce

### 3.4 Cílová skupina

Jak už samotný důvod existence AED napovídá, budu zaměřovat pozornost na jednoduchou pochopitelnost a minimalizování nároků na laického uživatele. Každý člověk by měl být schopen toto zařízení ovládat.

### 3.5 Základní parametry a legislativní omezení

Přístroj bude vyhovovat požadavkům stanoveným dle ČSN EN 60601-1 ed. 2 (Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1: Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost) a z navazujících norem. „*ME PŘÍSTROJ nebo jeho části musí mít dostatečnou mechanickou pevnost a nesmí způsobit nepříjemné RIZIKO v důsledku vnitřního pnutí výlisků nebo vystavení mechanickému namáhání způsobenému tlačáním, nárazem, upuštěním a nešetrným zacházením.*“ [53]. Vlivy prostředí zohledňuje norma takto: „*ME PŘÍSTROJ musí být navržen a konstruován tak, aby po PŘEDPOKLÁDANOU DOBU ŽIVOTA jakákoli koroze, stárnutí, mechanické opotřebení nebo degradace biologických materiálů vlivem bakterií, vegetace nebo živočichů nezhoršily jeho mechanické vlastnosti takovým způsobem, že vznikne nepříjemné RIZIKO.*“ [53]. Termín „ME PŘÍSTROJ“ má přitom stejný význam jako pojem zdravotnický prostředek.

Přístroj AED bude také splňovat stupeň krytí (kód IP) IP55 dle ČSN EN 60529 (Stupně ochrany krytem), bude tedy zaručena částečná ochrana před prachem a ochrana vůči tryskající vodě. [54]

Řešení ovladačů a sdělovačů bude respektovat normu ČSN EN 894-1+A1 (Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovladačů - Část 1: Všeobecné zásady interakcí člověka se sdělovači a ovládači) a související normy. Tato uvádí například uplatnění zásady složitosti: *„Při projektování vztahu člověk-stroj jsou tedy rychlost a přesnost důležitými proměnnými, které je třeba brát v úvahu. Je třeba určit faktory, které tyto proměnné ovlivňují.“* [55]. Dále dle zásady skupinového uspořádání: *„Jestliže jsou ovládače a sdělovače používány v určitém pevném sledu, mají být také v tomto sledu uspořádány. Takové uspořádání pomáhá obsluze zapamatovat si sled úkonů, snižuje dobu reakce a vede k menšímu počtu chyb.“* [55].

### 3.6 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

Typickým a praktickým materiálem pro kryt je plast, v případě AED je to většinou ABS (Akrylonitrilbutadienstyren). Je možné využít technologii vstřikování plastů či jiného tváření.

Jelikož je AED vcelku novým prvkem na trhu, povědomí o něm roste a neustále se zahušťuje mapa míst veřejných AED, dá se očekávat také pokračování tohoto trendu. Až bude síť pokrytí AED dostatečně hustá, dá se očekávat určité opadnutí poptávky, nicméně ČR oproti západním zemím v tomto smyslu spíše dohání dluh. Předpokládá se výroba v řádu stovek až tisíců kusů přístroje AED střední cenové kategorie, tzn. v rozmezí od čtyřiceti do padesáti tisíc.

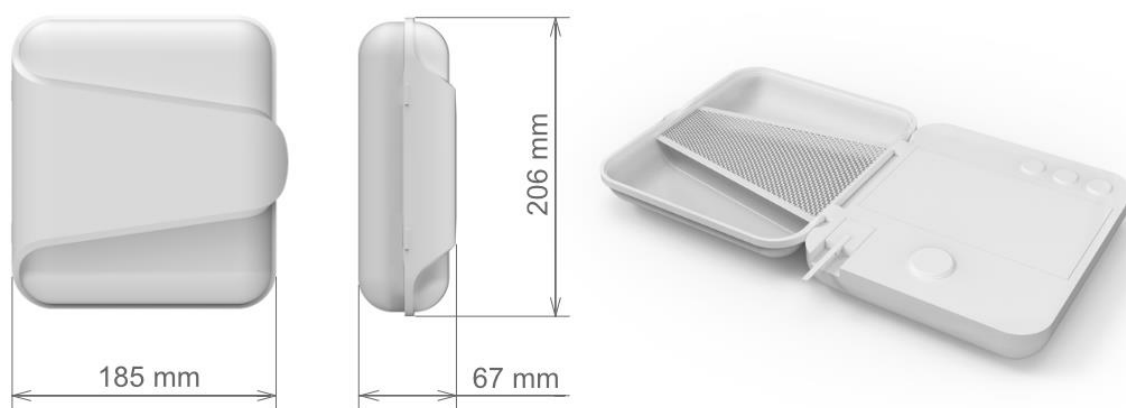
## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

### 4.1 Varianty těla přístroje

#### 4.1.1 Varianta I

Koncept je navržen pro umístění především do interiéru. Pro přenos by byla nabídnuta přenosná brašna, jak je to v řadě případů současných produktů. Přístroj nabízí hodně vnitřního prostoru pro vložení předmětů, jako jsou náhradní elektrody, nůžky, gumové rukavice a další předměty.

Uživatelské rozhraní je rozšířené o displej, kde jsou zobrazena všechna potřebná schémata a postupy, také feedback ohledně kvality provedení KPR, v případě, jsou-li použity elektrody se senzorem.

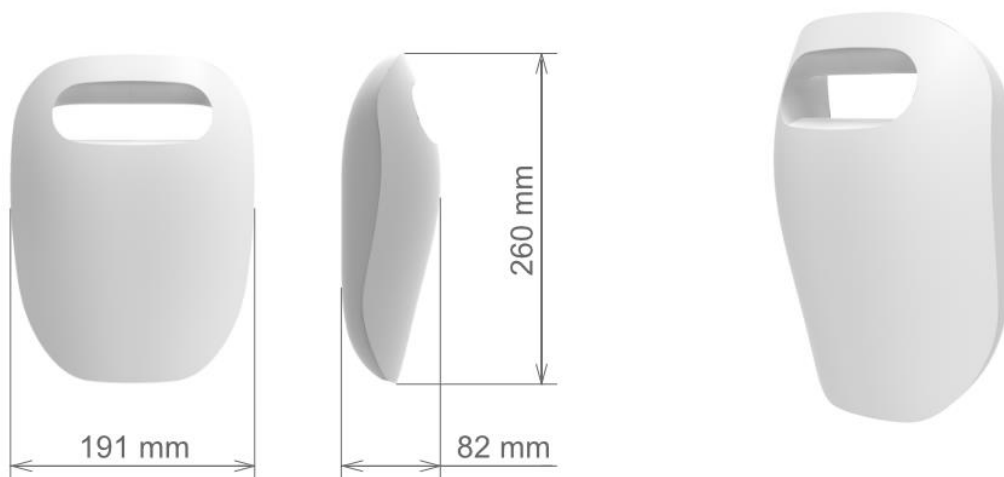


Obr. 4-1 Varianta I

#### 4.1.2 Varianta II

Návrh je zamýšlen pro vertikální umístění na konzoli, primárně do automobilu. V interiéru automobilu by se jednalo o umístění na zadní sedadlo ze strany kufru. AED by tak bylo přístupné jak s interiéru odklopením sedadla, tak z prostoru kufru. Přístroj by byl vložen v systému, který by byl připevněn konzolí ke konstrukci sedadla. Toto specifické umístění má svůj význam pro first respondery zejména v řadách městské policie ale i dalších složek IZS nebo v dodávkách pečovatelských služeb apod. Umístění AED do auta first responderů může významně ušetřit čas v okamžiku potřeby. Povolání lidé to vědí a následující koncept je těmto podmínkám přizpůsoben.

Tato varianta neobsahuje potřebné předměty, které jsou zahrnuty již v rámci autolékárničky. Pro přenosnou variantu by se použil textilní obal s potřebnými zdravotnickými potřebami.



Obr. 4-2 Varianta II

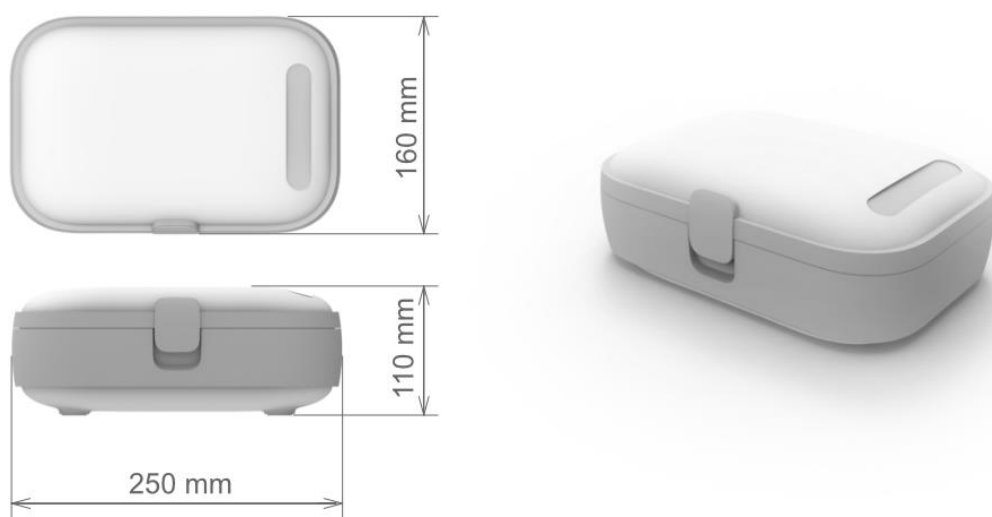
Tvar je dynamický a koresponduje tak se situací záchrany života. Symbolizuje hrudník nebo také z přední strany štít. Zadní strana mířící ke konzoli či stěně nabízí uživatelské rozhraní. Otevřením krytu z galvanizovaného nylonu uživatel odklopí elektrody a přístroj se zapne. Následně hlasové pokyny instruují o potřebných krocích. Plocha s ovladači a sdělovači je odsazená dovnitř. Je tak mechanicky chráněna a při zavření se toto odsazení vyplní krytem s elektrodami. Na Obr. 4-3 je znázorněno přehledné umístění informace o expiraci elektrod spolu s indikátorem LED.



Obr. 4-3 Varianta II – interakce

### 4.1.3 Varianta III




Tento koncept klade důraz na univerzálnost použití. Jelikož je v rámci přístroje velmi důležitá role grafických pokynů, ovladačů a sdělovačů, je tvar těla pojat jednoduše, nerušivě. V rámci standardního balení přístroje jsou přítomny předměty ulehčující průběh ošetření pacienta. Jedná se o nůžky, holítko, papírovou utěrku, gumové rukavice a resuscitační roušku. Podoba vnitřního uživatelského prostředí je přizpůsobena zacházení se speciálními elektrodami se senzorem přitlaku. V případě potřeby jsou v balení přítomny i základní pediatrické elektrody.



Obr. 4-4 Varianta III

#### 4.1.4 Zhodnocení variant

Dle Obr. 4-5 je zřejmý výsledek výběru z návrhů. Dle stanovených kritérií (již definovaných v kapitole 3.2.1) byla vybrána jako vítězná třetí varianta.

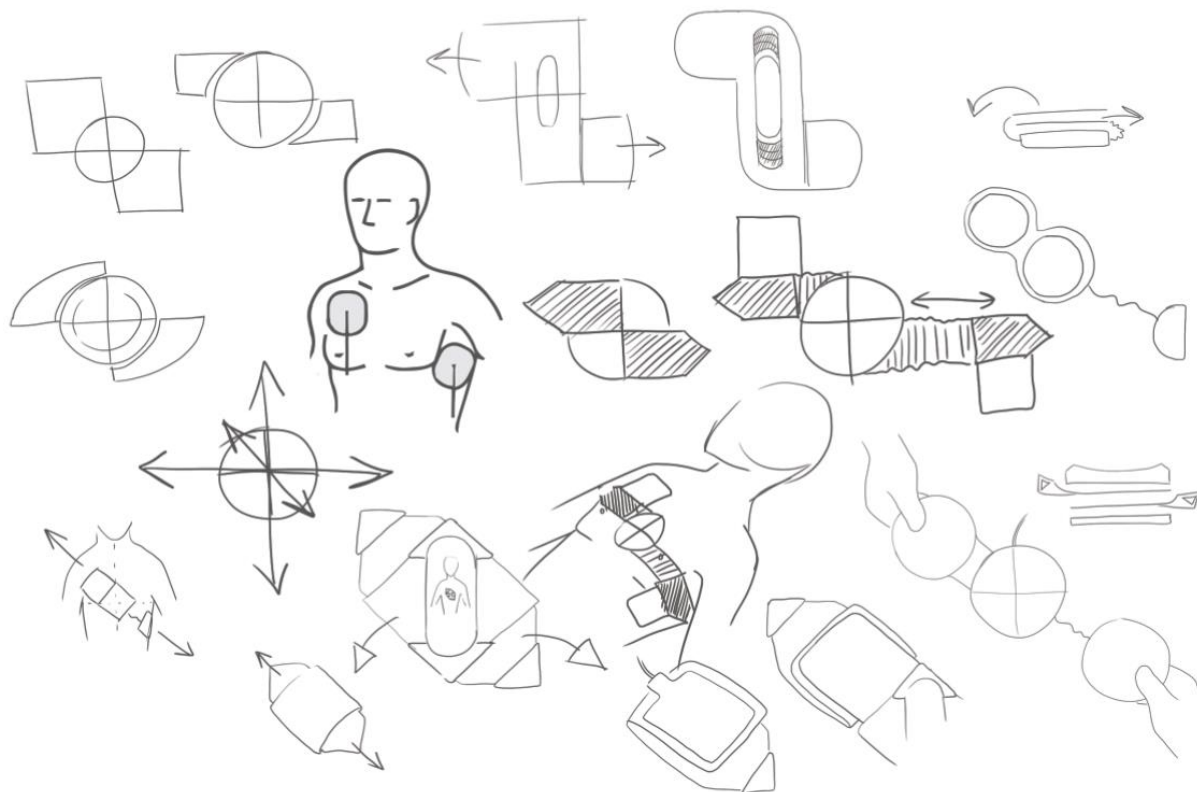
POŽADAVKY	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2	-2	-1	+1	+2
1. MEDICINSKÁ ÚČINNOST												+
2. POCHOPITELNOST UŽIVATELEM												
3. POHODLÍ UŽIVATELE												
4. SNADNÁ ÚDRŽBA												
5. ZASAZENÍ DO KONTEXTU												
6. TVAROVÉ ŘEŠENÍ												
POZNÁMKY/PŘÍZPŮSOBNÍ	CELKEM: 4				CELKEM: 9				CELKEM: 11+			
Nejméně otázek ohledně použitelnosti a vyznění designu nabízí třetí varianta. S poohlédnutím na fakt, že u přístroje je velký důraz kladen na grafickou stránku, toto řešení nabízí potenciál právě tímto směrem. První dvě varianty jsou tvarově složitější, právě možná i na úkor grafickému řešení, které by mělo být právě tím, co zaujme.	VARIANTA I 				VARIANTA II 				VARIANTA III 			

Obr. 4-5 Zhodnocení metodou Harris profile [56]

## 4.2 Koncepce elektrod

Klasické dvoudílné elektrody mají nevýhodu v možném nepřesném umístění chaotickým zachránce. Mým cílem bylo zjednodušit interakci uživatele s tímto prvkem, snížit počet úkonů a zaručit jednoznačnost pokynů.

Elektrody budou zahrnovat senzor přítlaku a akcelerometr, takže bude možné kontrolovat hloubku stlačení hrudníku, frekvenci stlačování a také bude možné detekovat nedostatečné povolení hrudního koše mezi jednotlivými stlačeními.



Obr. 4-6 Elektrody se senzorem – skicy



## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

### 5.1 Řešení krytu

Kryt je navržen tvarově jednoduše a jednotně. Nekonkuruje grafickým prvkům. Organický charakter podporuje uklidňující dojem ve vypjaté situaci a při přenosu nedisponuje nebezpečnými ostrými hranami. Zaoblené hrany opticky zmenšují vnímané rozměry předmětu. Boční lem horizontálně dělí hmotu a dává jí určitou směrnost. Zároveň působí jako ochranný prvek pro tělo AED. Průhled ve víku pro kontrolu údajů při pravidelné inspekci tvarově koresponduje s opěrnými prvky na spodní straně přístroje. Místo otevírání je dostatečně zvýrazněno z vrchního i předního pohledu.



Obr. 5-1 Řešení krytu

## 5.2 Řešení uživatelského prostředí

Zesílená hrana víka AED určuje jeho polohu vůči ploše uživatelského rozhraní. Tato plocha působí po otevření vyvýšeně, jelikož je v horním směru odsazena od průběžného bočního pásu. Pohled na uživatelské prostředí působí decentně a důraz je kladen na prvky, s kterými zachránce interaguje.



Obr. 5-2 Uživatelské prostředí

## 5.3 Řešení elektrod

U návrhu elektrod byla upřednostněna intuitivnost a snížení míry manipulace na minimum. Elektrody respektují barevným laděním celou koncepci přístroje AED. Uprostřed se nachází senzor s akcelerometrem a senzorem síly. Modulární provedení zaručuje dostatečnou přehlednost pro rychlé a správné pochopení.



Obr. 5-3 Řešení elektrod

## 5.4 AED v kontextu umístění

Přístroj je navrhnut tak, aby jeho použití bylo univerzální, zároveň ale respektuje níže uvedené kontexty použití. V Jihomoravském kraji je nejčastějším způsobem umístění AED do veřejného prostoru skříňka s alarmem dle Obr. 5-4.



Obr. 5-4 Nástěnný polykarbonátový box pro AED [28]

### 5.4.1 Místa pobytu

Největší využití v rámci statické alokace se dá očekávat v místech pobytu, kde se kumuluje více lidí. Design je vhodný pro umístění na recepci v hotelech a pečovatelských domech, kde může být viditelně umístěn i bez potřeby zvýšené ochrany v podobě skříňky s alarmem. Při umístění ke vchodu objektu je naopak tato skříňka vhodným řešením. AED je možné postavit i vertikálně ať už do zmíněné skříňky či na polici recepce s jasně viditelným a rozpoznatelným grafickým označením na víku krytu.



Obr. 5-5 Názorné umístění AED v místech pobytu [27]

## 5.4.2 Automobily

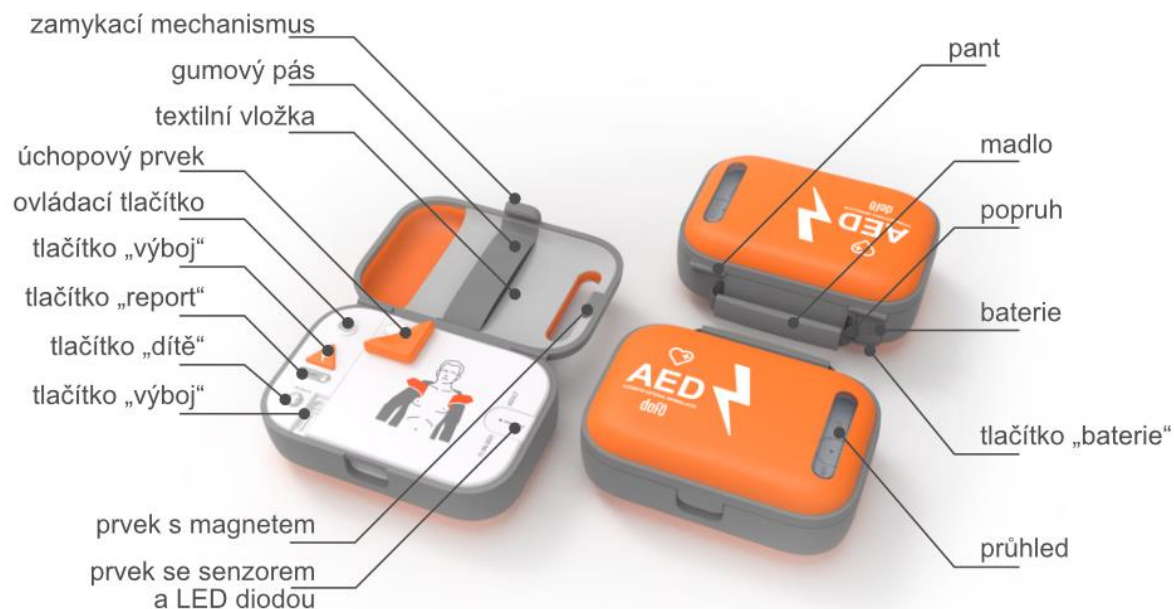
Pro dynamickou alokaci hraje zásadní roli automobil, kterým se first responder dopravuje na místo potřeby. Je výhodné, aby AED bylo nadosah jak z kufru, tak z prostor interiéru pro případ většího zaplnění prostoru kufru. Tomu odpovídá umístění AED na zadních sedadlech ze strany kufru, viz Obr. 5.6. Toto řešení předpokládá možnost připojení konzole na konstrukci zadních sedadel. Fakt, že AED bude vždy na svém určeném místě, zabraňuje chaotickému hledání přístroje v případě potřeby. Využití tohoto konceptu bude zřejmě nejvýhodnější u strážníků městské policie, kteří projíždí své okrsky. Své uplatnění najde i u vozidel pečovatelské služby (senioři jsou dle statistik riziková skupina) a v dalších situacích.



Obr. 5-6 Umístění AED ve vozidle [57]

## 6 KONSTRUKČNĚ-TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

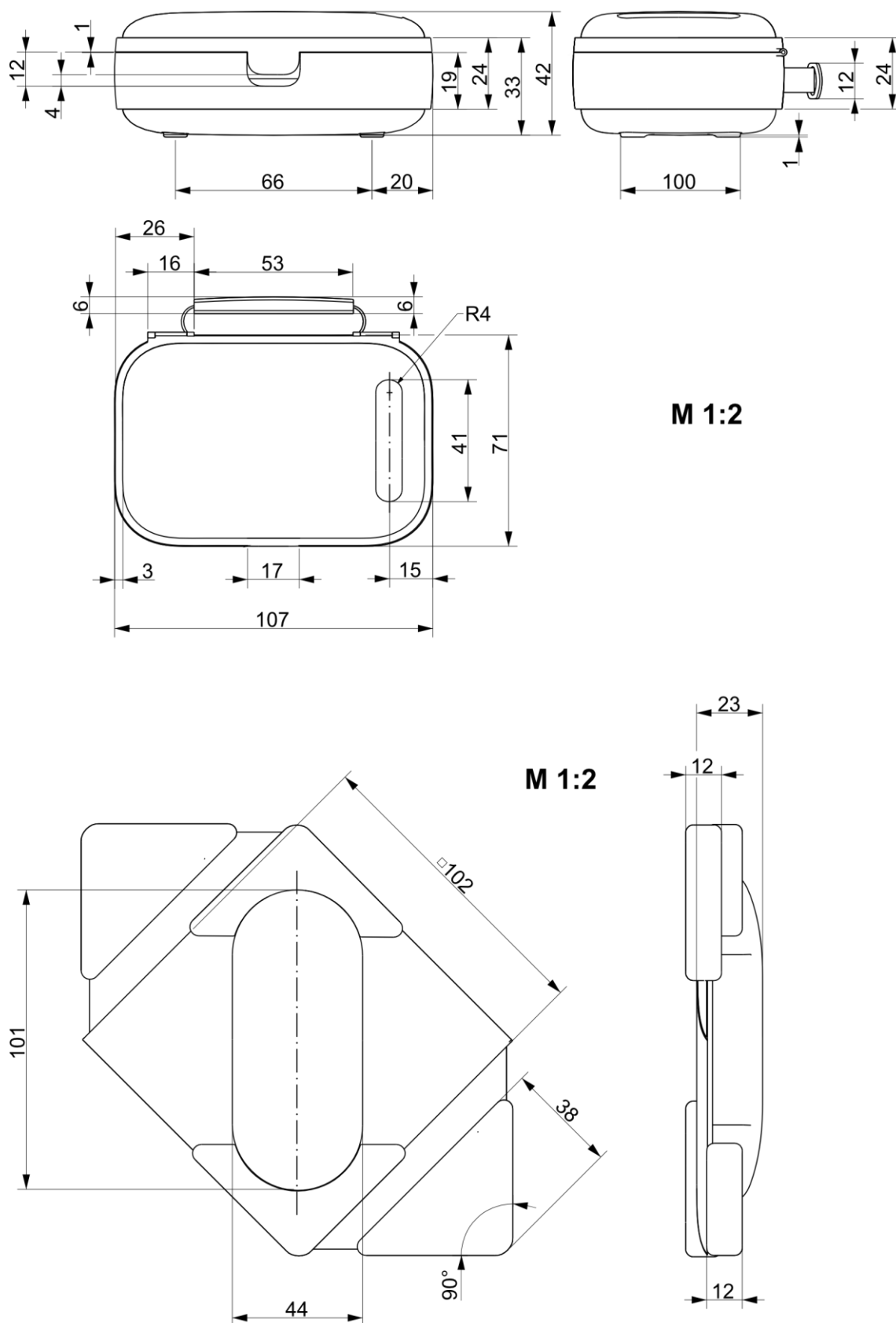
### 6.1 Popis



Obr. 6-1 Popis

### 6.2 Rozměrové řešení

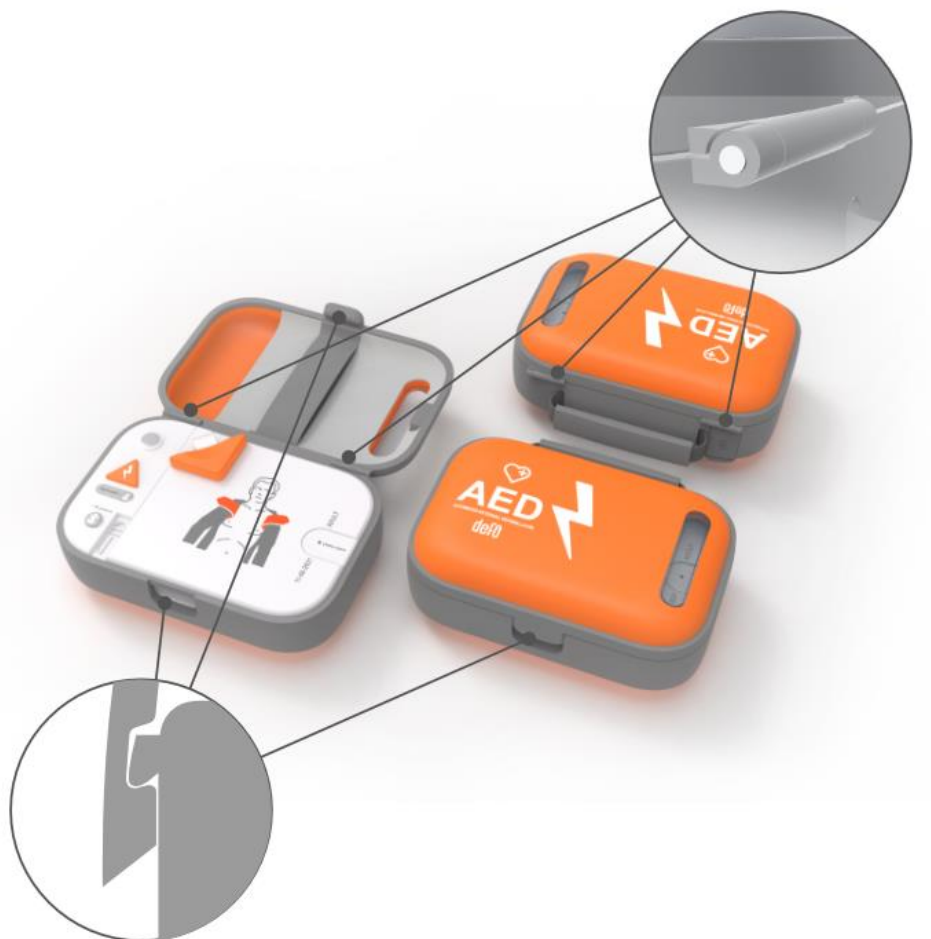
Rozměry AED respektují možné umístění v boxech pro přístroje AED a jsou srovnatelné s konkurencí. Na trhu zastávají pozici střední velikosti. Zvětšení objemu nad nutnost přispělo použití speciálních elektrod se senzorem, které ovšem mají při KPR prováděné laikem velký význam.



Obr. 6-2 Základní rozměry krytu AED a elektrod

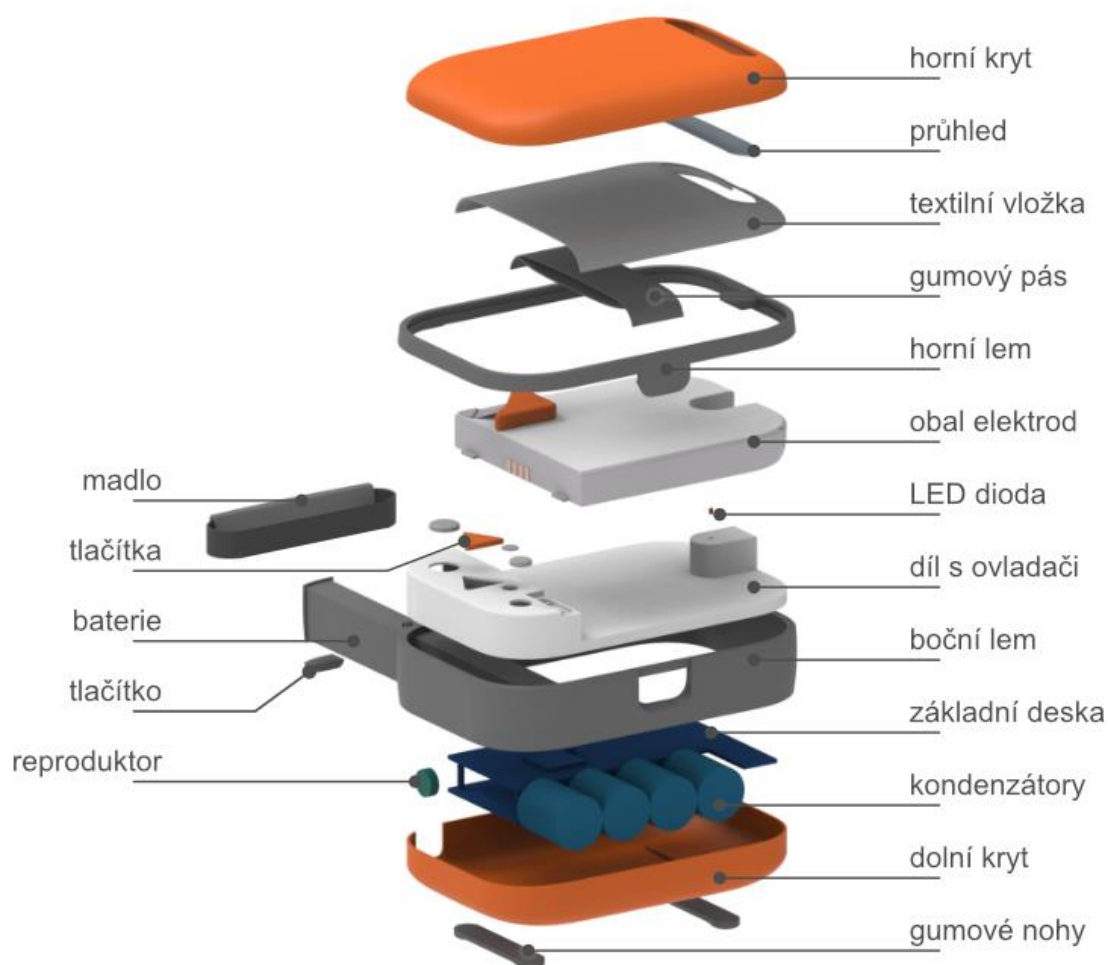
## 6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty

Vnitřní komponenty jsou řešeny podle PowerHeart AED, model 9200RD-001. Komponenty jsou zachovány, rozmístění je přizpůsobeno daným rozměrům přístroje. Zamykací mechanismus je pak inspirován produktem Lifepak CR2.

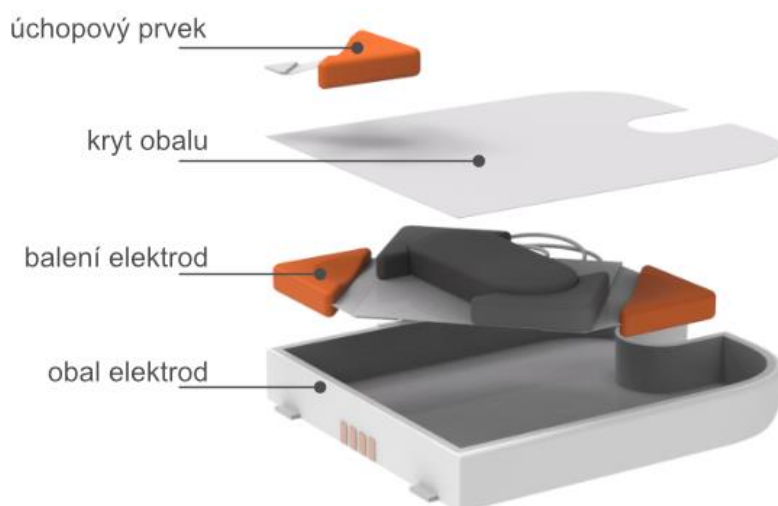


Obr. 6-3 Hlavní mechanismy





Obr. 6-4 Rozmístění vnitřních komponent



Obr. 6-5 Komponenty balení elektrod

## 6.4 Materiálové řešení

Kryt bude vyhotoven z termoplastu ABS (Akrylonitrilbutadienstyren). Tento plast bude použit na veškeré pevné komponenty krytu. Je zdravotně nezávadný a mechanicky i chemicky odolný. Dobře odolává i UV záření a vysokým i nízkým teplotám. Pro průhled ve víku bude využito tzv. plexisklo, čili polymethylmetakrylát (PMMA). Jedná se o termoplastický polymer s vysokou průhledností a povětrnostní odolností. Vložka ve víku bude vyrobena z materiálu, který bude zaručovat dostatečnou pevnost pro zachování tvaru. Půjde o materiál na způsob umělého textilního vlákna nebo vláknového kompozitu. V rámci elektrod bude využit polypropylen (PP), který je pevný a zdravotně nezávadný. Madlo bude vyrobeno z kaučuku a bude spojeno s tělem popruhem z umělého vlákna. Kryt bude mít matný povrch, který bude snášet i možné hrubší zacházení.

## 6.5 Technologie

Většina dílů bude zhotovena vstřikováním termoplastů. Následně budou díly kompletovány pomocí tvarových či lepených spojů. Folie pro elektrody budou vyráběny technologií vytlačování a válcování a samotné elektrody budou vyhotoveny speciálními technologiemi od dodavatele.

## 6.6 Ergonomie

Ergonomie je přímo závislá na interakci uživatele se strojem. V případě AED je tato interakce velmi komplexní. Zahrnuje mnoho úkonů a tak místo popisu jednotlivých částí přístroje a poté jejich funkce, zvolím popis ergonomie v rámci zaznamenání činností spojených s užitím přístroje.

### 6.6.1 Údržba

Vnější interakce s přístrojem AED se odehrává zejména při pravidelné údržbě, kdy je skrz průsvit ve víku kontrolován stav LED indikátoru stavu a datum expirace elektrod. Dále je pak kontrolováno datum na baterii.



Obr. 6-6 Vnější kontrola stavu AED

Pokud jsou elektrody již prošlé, nebo se blíží doba expirace, jsou vyměněny. Výměna probíhá jednoduchým způsobem. Staré elektrody jsou vyjmuty zatažením za okraj ochranné folie obalu elektrod a nové jsou vloženy nejdříve zastrčením zobáčků a pak zacvaknutím elektrod do přihrádky.



Obr. 6-7 Výměna elektrod

Pokud LED indikátor bliká přerušovaně zelenou barvou, poslední samotestování proběhlo úspěšně a přístroj je připraven k použití.



Obr. 6-8 Indikace LED – přístroj je připraven k použití

Výměna baterie je snadná, po zmáčknutí příslušného tlačítka baterie vyskočí a je možné ji pohodlně uchopit. Vložení nové baterie je indikováno cvaknutím. Baterie jsou vedeny pro majitele jako jednorázové, více viz kap. 6.8.



Obr. 6-9 Výměna baterie

# Přinesení AED na místo potřeby

Návrh je sám o sobě přenosný, ovšem stejně jako ostatní produkty na trhu, bude mít svůj odolný přenosný obal – brašnu. Ta není předmětem této bakalářské práce. Při přenášení je výhodou organický tvar a absence ostrých hran. Zachránce AED položí na opěrné prvky na spodní straně přístroje.

## Zapnutí AED

Zachránce využije otevíracího mechanismu na dva prsty a zatlačením vzhůru přístroj otevře. Přístroj se tím automaticky zapne, díky interakci magnetu a senzoru ve víku a těle přístroje. Se zapnutím přístroje se zároveň spustí hlasové pokyny, které uživatele provedou ošetřením pacienta.



Obr. 6-10 Interakce – otevření přístroje (otevírání a otevřený přístroj)

Uživatelské prostředí je po otevření rozděleno na dvě části, na víko a samotné tělo. Tyto dvě části jsou od sebe odlišeny také funkčně. Tělo přístroje obsahuje všechny ovladače, sdělovače a obecně funkční prvky, které jsou k výkonu ošetření nutné. Víko obsahuje pediatrické elektrody a zdravotnické pomůcky:

- nůžky
- gumové rukavice
- papírová utěrka
- holítko
- resuscitační rouška

Tyto předměty jsou lehké, tělo přístroje s baterií a kondenzátory naopak těžké, takže se přístroj nemůže překloupit.

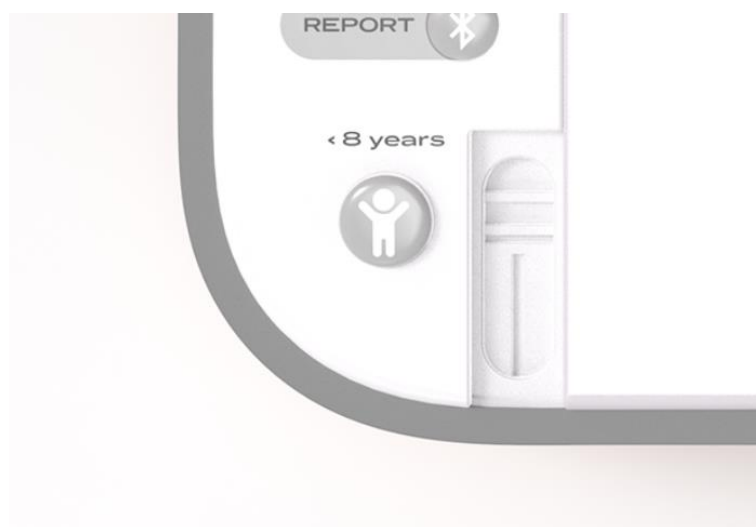


Obr. 6-11 Otevřený přístroj

## Navrhované základní hlasové instrukce

- Mód dospělý. Pro mód dítě zmáčkněte blikající tlačítko.

Při využití dětského módu dojde k využití dětských elektrod, které jsou umístěny ve víku přístroje, vyčnívající z místa uložení tak, aby byly dobře viditelné. Mód dítě upravuje následující hlasové instrukce tak, aby korespondovaly s postupem pro dětského pacienta. Jedná se zejména o jiné uložení elektrod oproti dospělému pacientovi.

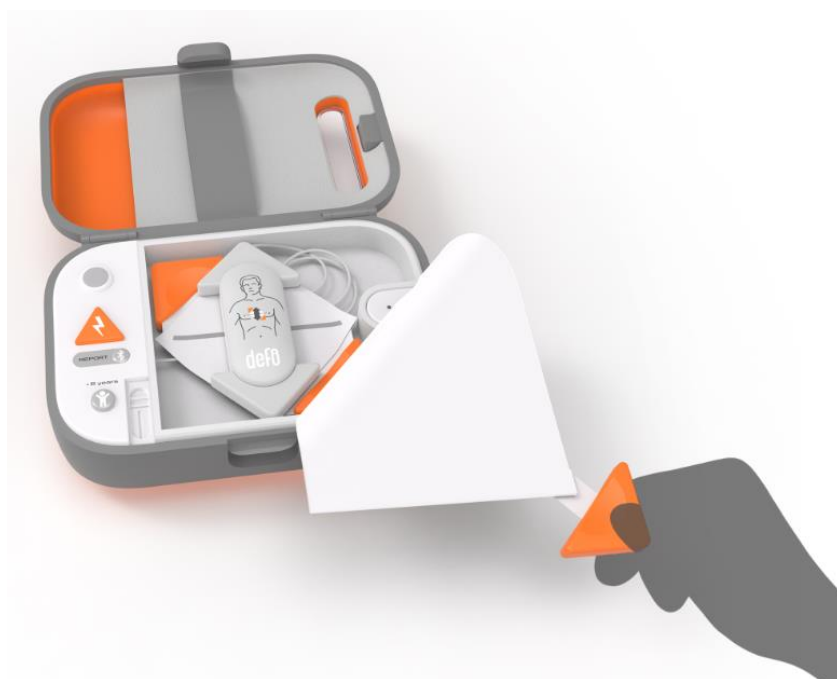


Obr. 6-12 Interakce – mód dítě

- Odhalte pacientův hrudník.

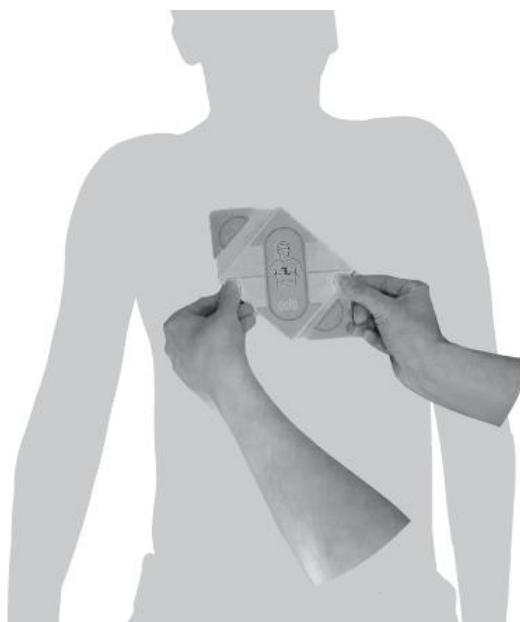
V případě potřeby je možné využít nůžky umístěné ve víku.

- Odtrhněte kryt elektrod zatáhnutím za barevný trojúhelníkový prvek.



Obr. 6-13 Otevření elektrod

- Vyjměte balení elektrod a podle obrázku jej umístěte na střed hrudníku mezi bradavky.

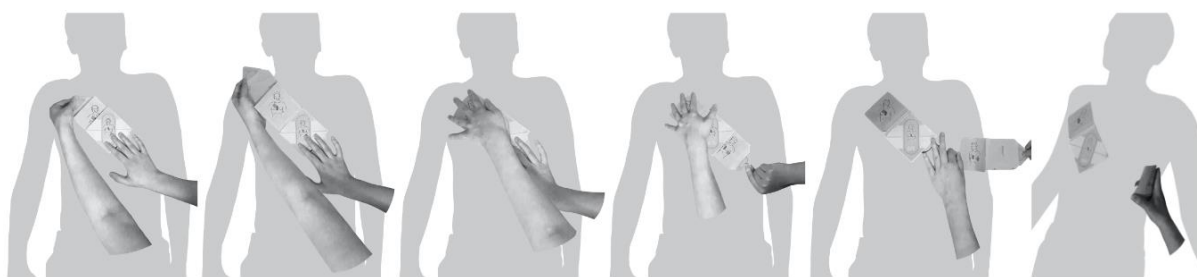


Obr. 6-14 Naložení elektrod na hrudník

- Zkontrolujte, zda je kůže na hrudníku dostatečně hladká a suchá. Pokud ne, zmáčkněte blikající tlačítko.

Pokud je hrudník nadměrně ochlupen, je nutné odstranit nežádoucí překážku, která brání adhezi gelu na elektrodách ke kůži. V takovém případě je možné použít jednorázovou žiletku umístěnou ve víku. Zde je také umístěna papírová utěrka pro otření mokré kůže. Po zmáčknutí blikajícího tlačítka bude zachránce instruován ohledně správného postupu.

- Táhněte za jednu z barevných šipek a vysuňte elektrodu z balení. Dalším táhnutím odstraňte ochrannou folii. Přitiskněte elektrodu na kůži. To stejné opakujte s druhou elektrodou.
- Zkontrolujte správnou pozici elektrod a znovu zatáhněte za trojúhelníkový prvek a odlepte ochrannou folii
- Na suchou a hladkou kůži přitiskněte elektrody přesně podle obrázku.



Obr. 6-15 Manipulace s elektrodami

### 6.6.3 Feedback K

Zpětná vazba o kvalitě podané masáže srdce v reálném čase bude zachránce sdělována zvukově. Během záchrany bude přístroj poskytovat správnou frekvenci stlačováním zvukovými signály. Dostatečnost srdeční masáže z hlediska síly bude sdělena pokyny typu: „Stlačujete hlouběji“, „Stlačujte méně“, „Mezi stlačeními uvolňujte hrudník plně“.

## 6.7 Bezpečnost a hygiena

Základní tvarosloví je organického charakteru, což předchází nepříjemnému kontaktu s přenášejícím člověkem. Ovládací a sdělovací prvky jsou zvoleny zřetelně a srozumitelně, pro jasnou srozumitelnost a eliminaci špatného pochopení ze strany uživatele.

AED je přístroj na pomezí medicinského charakteru. Při záchranech nebývají obvyklé rány na tělo pacienta, kudy by mohla vniknout infekce, ovšem při dýchání z úst do úst nastává nemalé hygienické riziko. Pro účely dýchání z úst do úst je ve víku elektrod přítomná resuscitační rouška s jednosměrnou membránou, která před případnými riziky ošetřujícího člověka chrání.



## 6.8 Udržitelnost

Kryt je převážně tvořen plastem ABS, který není pro recyklaci příliš běžný. Ovšem pokud se starý materiál smíchá s novým, je možné ho recyklovat. Majitel bude seznámen s možností poslat nefunkční AED zpět výrobci, který se postará o jejich demontáž a následnou recyklaci součástí.

Baterie je pro eliminaci nevhodného zacházení zvolena jednorázová ( $\text{LiMnO}_2$ ), případně dobíjecí (Li-ion), kdy je pak možné poslat baterii zpět výrobci, který ji může znovu použít po kontrole na dobití. Baterie se mění zpravidla po čtyřech až pěti letech, AED pak končí svou životnost po cca patnácti letech. Je možné očekávat podobný trend i u finálního designu.

Elektrody a jejich balení je objemnější než u stávajících standardních řešení. Senzor a tvrdá část obalu (ABS) by ovšem bylo možné poslat výrobci, který se postará o recyklaci plastu a senzor může repasovat.

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

### 7.1 Barevné řešení

Pro zdravotnické přístroje je typická kombinace bílé barvy s modrou, popřípadě zelenou barvou. Přístroje AED ovšem nejsou typickým medicínským přístrojem. Mají přesah do veřejného prostoru. Jejich působení tedy nemá být sterilní, naopak má ve zdravé míře přitahovat pozornost a společnost má být upozorňována na přítomnost tohoto nového prvku ve svém okolí.

Pro kryt přístroje byla zvolena barva, která působí výrazně, ovšem v rámci celého působení designu nepůsobí výstražně. V otevřeném stavu je barevné spektrum střidmější, zvýrazněny jsou pouze prvky, s kterými záchránce bezprostředně zachází. Barevná část ve víku kontrastem upozorňuje na vložené dětské elektrody.

RAL 2008	PANTONE® 158 C Formula Guide Coated
RAL 9022	PANTONE® 4278 C Formula Guide Coated
RAL 7047	PANTONE® 663 C Formula Guide Coated
RAL 9016	



Obr. 7-1 Barevné řešení

## 7.2 Grafické řešení

### 7.2.1 Kryt

Grafické řešení krytu zohledně bezprostřední rozpoznatelnost přístroje. Jednoduchý symbol blesku souvisí s elektrickým výbojem a principem defibrilace. Symbol srdce je oproti současným produktům na trhu více upozaděný, ale je dostatečně zřetelný a doplňuje blesk ve vizuální komunikaci ohledně primární funkce přístroje. Pro popis přístroje byl zvolen font Arial, řezy Bold a Narrow Bold. Grafické řešení krytu přístroje je doplněno logotypem.



Obr. 7-2 Grafické řešení – kryt

### 7.2.2 Uživatelské prostředí

Instrukce a symboly mají v tomto kontextu velmi důležitou roli. Zachránce musí pokyny pochopit správně a rychle. Jde také o to, jednat se schémata střídavě a právě tam, kde je to potřeba. Přehlcení informacemi rozhodně není na místě.

Trojúhelník svým tvarem přitahuje pozornost a vyjadřuje výstrahu, určité „pozor“. Tohoto vyznění je užito například u dopravních značek. Tlačítko výboj následuje tuto konvenci a je doplněno o symbol blesku, který se opakuje také na vnějším krytu. Trojúhelníku je využito také jako určité šipky pro indikaci směru odtrhnutí krytu elektrod a pro samotné uchopení a táhnutí.

Dalším výrazným prvkem jsou pak šipky, označující odstranění šatstva z hrudníku. Jsou provedeny decentně, trojúhelníkový prvek označující směr byl potlačen, aby nekonkuroval již přítomným prvkům interakce.

Horní tlačítko vyznačené pouze kruhem může mít více funkcí, v případě aktivace bude světelně zvýrazněno. Pro univerzální použití byl tedy zvolen i univerzální symbol kruhu.

Tlačítko bluetooth je vyznačeno konvenčním způsobem a je doplněno o označení „REPORT“, jež naznačuje, že je tímto způsobem možné získat informace o průběhu léčby defibrilací. Toho mohou využít zejména záchranáři.

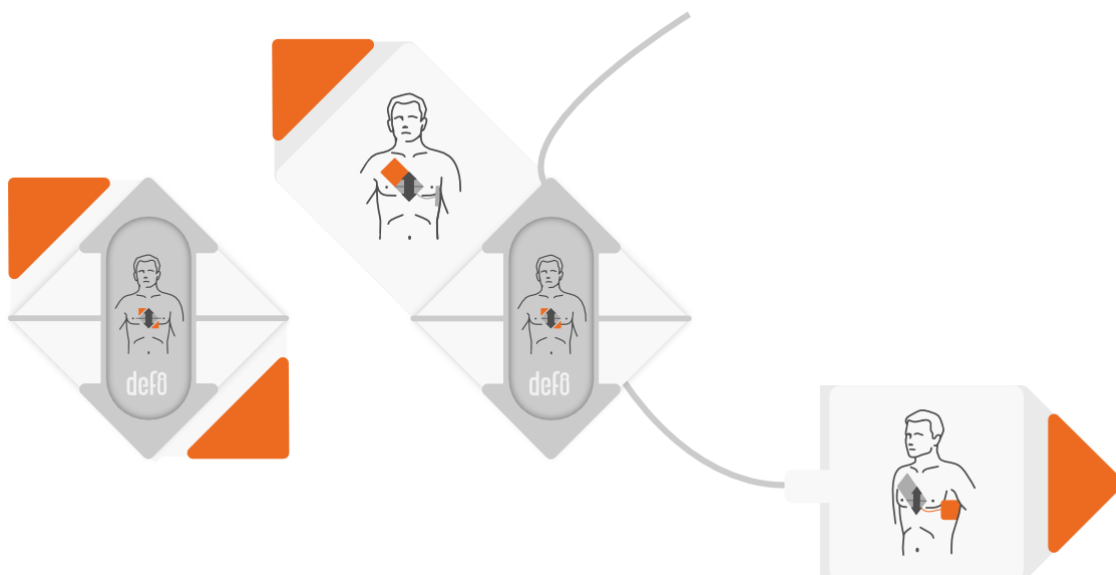
Tlačítko označující dětský režim je doplněno o informaci, upřesňující věkovou hranici pro eliminaci pochybností nezkušeného zachránce.



Obr. 7-3 Grafické řešení – uživatelské prostředí

### 7.2.3 Elektrody

U navrhování elektrod byla největší pozornost věnována intuitivnosti, ulehčení správné manipulace pro laika a také zachování medicínské účinnosti. Schémata jsou jednoduchá, zároveň poskytují prvky, podle kterých se může zachránce orientovat, aby správně porovnal reálnou situaci se situací vyznačenou na schématech. Nejdůležitější prvky jsou označeny výraznou barvou.



Obr. 7-4 Grafické řešení – elektrody

#### 7.2.4 Logotyp

Název produktu je odvozen od jeho primární funkce, tedy „defibrilace“ srdce pacienta. Logotyp byl navrhnout úpravou řezu CologneEighty z rodiny písem ChaletComprime. Toto písmo koresponduje s výrazným tvarovým prvkem designu, který je na první pohled viditelný v průhledu krytu přístroje. Poslední písmeno „i“ pak symbolizuje kromě zmíněného prvku také lidské tělo. Dalším symbolem je kříž, vznikající uprostřed logotypu. Vzhled koresponduje svým organicky zakulaceným pojetím s celkovým designem přístroje. Logotyp je umístěn na krytu přístroje a na elektrodách, kde doplňuje stávající grafiku.



Obr. 7-5 Grafické řešení – logotyp

## 8 DISKUZE

### 8.1 Psychologická funkce

Design spojuje organické tvary a zároveň důrazné barevné provedení. Působí tedy výrazně, ovšem často bude umístěn do skříňky, která jeho výraznost utlumí. Oblé tvary jsou vhodné pro manipulaci a působí přívětivě. Pro základní grafiku byla využita šedá a oranžová barva. Pozornost poutají více oranžové prvky, čehož bylo využito pro přímou manipulaci.

Přístroj je na pomezí medicínské oblasti. Tuto realitu zohledňuje zejména bílá plocha s ovládacími prvky, která působí čistě a hygienicky. Oproti tomu textilní prvek a organické tvarování dává přístroji přívětivější charakter. Toto příjemné vyznění je důležité a symbolizuje navození klidnější atmosféry ve vypjaté situaci.

Byl kladen důraz na jednoduchost a srozumitelnost při interakci uživatele s přístrojem. Je využito základních tvarů, kdy symbolickým se stává trojúhelník, který je využit pro bezprostřední interakční prvky.

### 8.2 Sociální funkce

Přístroj lze použít v různých prostředích, cíleně je navrhnout pro umístění v automobilu a obytných zařízeních. Jeho výrazné barevné provedení bude v kontextu automobilu vítáno, pro využití v obytných zařízeních je možné umístit přístroj do skříňky, nebo je samotný položit viditelně na polici.

### 8.3 Ekonomická funkce

Přístroj se bude pohybovat ve střední cenové kategorii, tedy v rozmezí čtyřiceti až padesáti tisíc korun. Na cenu mají vliv zejména použité technologie a jednotlivé součásti, samotné speciální řešení elektrod cenu také poněkud zvýší ovšem v případě záchrany života je cenová rovina druhotná. Speciální elektrody se budou cenově pohybovat srovnatelně s konkurencí, nabízející technologii se senzory.

## 9 ZÁVĚR

Úkolem bakalářské práce bylo navrhnutí designu přístroje AED s přihlédnutím ke kontextu celé problematiky. Na základě rešerše byl zjištěn sektor s výrazným výskytem OHCA, tedy obytná zařízení. Průzkum trhu nabídl jak pragmatická a funkční zařízení, tak i zařízení nezohledňující naléhavost situace svým nedostatečně intuitivním designem. Řada produktů je na trhu svým provedením již zastaralá, tvarosloví je v trendu spíše mechanické s důrazem na odolnost. Tento přístup má svá opodstatnění, pro AED určená do vnitřních prostor vytváří ale spíše narušující dojem a jakýsi odstup.

Cílem bakalářské práce bylo tedy navrhnutí inovativního designu přístroje AED, které by reagovalo na vysoký výskyt OHCA v obytných zařízeních a bylo tomu účelu přizpůsobeno ve způsobu umístění přístroje. Zároveň byl kladen důraz na interakci uživatele s přístrojem a potažmo s pacientem prostřednictvím elektrod.

Variantní návrhy se svými přístupy odlišovali a pozornost byla věnována také samotným elektrodám, jelikož mají velký vliv při léčbě. Poskytují totiž feedback o dostatečnosti provedení srdeční masáže, na němž laický záchránce přímo závisí.

Finální design byl přizpůsoben svým tvarem požadavkům, jako například asociační návaznost na lékárničku, možnost odložení přístroje na boční stranu, rozměry speciálních elektrod, tvarová jednotnost, jednoduchost a celkové vyznění.

Ohledně budoucnosti přístrojů AED je k nahlédnutí celá řada konceptů, které se zaměřují hlavně na intuitivní provedení a v případě AED ve formě dronu i na zkrácení příjezdové doby. Často ovšem nerespektují zásadní fakta a požadavky. Řada z nich nezohledňuje medicínské hledisko např. v omezujícím faktoru velikosti elektrod, další koncepty nerespektují dostatečně prostorovou náročnost vnitřních komponent a v případě zmíněného dronu je otázkou bezpečnost provozu ve vzdušném prostoru v kombinaci s požadovanou vysokou rychlostí dronu.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Seznam použitých zdrojů se vykazuje podle normy ČSN ISO 690. Je pro něj určen styl Bibliografie. Ke generování seznamu je možné použít vestavěné funkce Wordu „Bibliografie“ nebo některého pluginu (EndNoteWeb, Mendeley)..

Příklady citací dle normy ISO 690:

1. Rozšířená neodkladná resuscitace. 3. lékařská fakulta, Univerzita Karlova [online]. Praha: Univerzita Karlova, 2021 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: <https://www.lf3.cuni.cz/3LF-780.html#5>
2. KLEMENTA, Bronislav a Olga KLEMENTOVÁ. *Resuscitace*. 2. vydání. Olomouc : Epava, 2014. ISBN 9788086297477.
3. *Community Heartbeat: The Community Heartbeat Trust* [online]. Leicestershire: The Community Heartbeat Trust, 2021 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://www.communityheartbeat.org.uk/about-us>
4. Automatický externý defibrilátor – principy, efektivita, používání. *Via practica* [online]. 2011, 8(4), 186-188 [cit. 2020-03-25]. ISSN 1339-424X. Dostupné z: <https://www.solen.sk/storage/file/article/f064b884cc0f8c3ba7d6ce0ae215a00e.pdf>
5. Použití AED „first responder“ při mimonemocniční náhlé zástavě oběhu. *ZACHRANNASLUZBA.CZ: Nezávislý web o zdravotnické záchranné službě* [online]. Praha: Franěk, 2002, 2003 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: <https://zachrannaslužba.cz/pouziti-aed-first-responder-pri-mimonemocnicni-nahle-zastave-obehu/>
6. Zoll AED. VAVA [online]. Čáslav: VAVA.eu, c2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.shop.vava.eu/kategorie/zoll-aed/?s=104>
7. *AED-Sign* [online]. California: SmugMug, 2004 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/157952220@N02/28310722617>
8. *OSHA SAFETY FIRST Sign...* [online]. California: eBay, c1995-2021 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/183976980030?trkparms=aid%3D1110006%26algo%3DHOMESPLICE.SIM%26ao%3D1%26asc%3D20200818143230%26meid%3D5426f89ac8bc4512b9029565268df839%26pid%3D101224%26rk%3D1%26rkt%3D5%26me hot%3Dnone%26sd%3D174048569807%26itm%3D183976980030%26pmt%3D1%26noa%3D1%26pg%3D2047675%26algv%3DDefaultOrganic%26brand%3DSignMission&trksid=p2047675.c101224.m-1>



9. AHA Releases Latest Statistics on Sudden Cardiac Arrest. *Sudden Cardiac Arrest Foundation* [online]. Pittsburgh: Sudden Cardiac Arrest Foundation, 2020, 2018 [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: <https://www.sca-aware.org/sca-news/aha-releases-latest-statistics-on-sudden-cardiac-arrest>
10. Mimonemocniční náhlá zástava oběhu a neodkladná resuscitace dospělých v terénu. In: *ZACHRANNASLUZBA.CZ: Nezávislý web o zdravotnické záchranné službě* [online]. Franěk, 2010 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: [https://www.zachrannasluzba.cz/zajimavosti/2010\\_resuscitace.pdf](https://www.zachrannasluzba.cz/zajimavosti/2010_resuscitace.pdf)
11. Základní informace: Jak srdce vypadá a pracuje? *IKEM - Institut Klinické a Experimentální Medicíny* [online]. Praha: Institut klinické a experimentální medicíny, [cca 2019] [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/kardiocentrum/klinika-kardiovaskularni-chirurgie/o-nas/co-u-nas-lecime/zakladni-informace/a-1383/>
12. Nemocné srdce... *EpochaPlus* [online]. RF Hobby, c2014-2015 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://epochaplus.cz/nemocne-srdce-nejcastejsi-pricina-umrti-u-nas/>
13. Cardiac conduction system. *Geeky Medics* [online]. Anglie: Geeky Medics, [2010] [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://geekymedics.com/the-hearts-conduction-system/>
14. Srdeční onemocnění. *Kardiochirurgie.cz* [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.kardiochirurgie.cz/srdecni-onemocneni>
15. Srdeční rytmus a jeho poruchy. *IKEM - Institut Klinické a Experimentální Medicíny* [online]. Praha: Institut klinické a experimentální medicíny, 2019 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/kardiocentrum/klinika-kardiovaskularni-chirurgie/o-nas/co-u-nas-lecime/srdecni-rytmus-a-jeho-poruchy/a-2429/>
16. HANDL, Zdeněk. *Externí transtorakální defibrilace a kardiostimulace: teorie a praxe*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2007. s. 27. ISBN 978-80-7013-453-5. Dostupné také z: <https://dnnt.mzk.cz/uuid/uuid:cb019cb0-3797-11e8-b001-5ef3fc9bb22f>
17. Out-of-Hospital Cardiac Arrest Registry. *Wellington Free Ambulance* [online]. Wellington: Wellington Free Ambulance, c2021 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: [https://www.wfa.org.nz/assets/Documents/HQ1394-OHCA-All-NZ\\_HQ-v2.pdf](https://www.wfa.org.nz/assets/Documents/HQ1394-OHCA-All-NZ_HQ-v2.pdf)
18. Sex differences in out-of-hospital cardiac arrest. *Aging* [online]. 2020, 12(7), 5588-5589 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: doi:10.18632/aging.102980
19. Resuscitace s použitím AED — neboj se pomoci! *PrPom: Zážitkové kurzy první pomoci* [online]. Praha: PrPom, 2012, 2016 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://www.prpom.cz/resuscitace-s-pouzitim-aed/>

20. SKOPAL, Ivo. *Automatická Externí Defibrilace (2005): Manuál, Verze dle nové ERC Guidelines 2005*. Šumperk, 2006. Příručka. ČVUT. Vedoucí práce MUDr. Jan Karczmarczyk.
21. Implantace kardioverter – defibrilátoru (ICD). *IKEM - Institut Klinické a Experimentální Medicíny* [online]. Praha: Institut klinické a experimentální medicíny, [cca 2019] [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.ikem.cz/cs/implantace-kardioverter-defibrilatoru-icd/a-404/>
22. THE RELIABILITY OF AED DESIGN: BUILDING USER CONFIDENCE. *American Safety & Health Institute: MEDIC First Aid* [online]. Health & Safety Institute, 2021, 2019 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://emergencycare.hsi.com/blog/the-reliability-of-aed-design-building-user-confidence>
23. KALEDA, Vasily. Dr. Beck's defibrillator... In: *ResearchGate* [online]. Berlin: ResearchGate, 2021 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Dr-Becks-defibrillator-built-by-James-H-Rand-III-in-1947-Gift-of-Dr-Claude-S-Beck\\_fig2\\_322101241](https://www.researchgate.net/figure/Dr-Becks-defibrillator-built-by-James-H-Rand-III-in-1947-Gift-of-Dr-Claude-S-Beck_fig2_322101241)
24. Ambulance Drone. *TU Delft* [online]. Delft: TU Delft, 2021 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://www.tudelft.nl/en/ide/research/research-labs/applied-labs/ambulance-drone>
25. Ambulance Drone – Fact of fiction? *ZACHRANNASLUZBA.CZ: Nezávislý web o zdravotnické záchranné službě* [online]. Praha: Franěk, 2002, 2014 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://zachrannaslužba.cz/ambulance-drone-fact-of-fiction/>
26. *Cardio Partners* [online]. Flagpole Court Brentwood: Cardio Partners, 1999 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.aed.com>
27. *AZ-Medica Shop: ZDRAVOTNICKÉ POTŘEBY* [online]. Praha: AZ-Medica Shop, 2021 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.azmedicashop.cz>
28. *ZOLL* [online]. Pittsburgh: ZOLL Medical Corporation, 2021 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.zoll.com>
29. *CardiAid* [online]. Roskilde: Cardia International A/S, [2015] [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.cardiaid.com>
30. *Physio-Control* [online]. Redmond: Physio-Control Australia, 2016 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.physio-control.com/index.aspx?&langtype=3081>
31. Defibrillator (AED) CR2 Essential Cabinet bundle. In: *First Aid Accident & Emergency* [online]. Miami: First Aid Accident & Emergency, 2007 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.firstaidae.com.au/product/lifepak-cr2-essential-package-with-free-cabinet-delivery/>

32. *Defibtech* [online]. Guilford: Defibtech, 2021 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.defibtech.com>
33. *CrestMedical* [online]. Warrington: Crest Medical, [2000] [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.crestmedical.co.uk>
34. COR AED - Automatic External Defibrillator. *Behance* [online]. San Jose: Adobe, 2005 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.behance.net/gallery/8657537/COR-AED-Automatic-External-Defibrillator>
35. LIFESAVER | INTUITIVE CPR COACH. *Behance* [online]. San Jose: Adobe, 2005 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: [https://www.behance.net/gallery/84082927/LIFESAVER-INTUITIVE-CPR-COACH?tracking\\_source=curated\\_galleries\\_product-design](https://www.behance.net/gallery/84082927/LIFESAVER-INTUITIVE-CPR-COACH?tracking_source=curated_galleries_product-design)
36. Asistent srdeční masáže Beaty. In: *VYZBROJNA.cz* [online]. Jihlava: Požární bezpečnost, 2016 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.vyzbrojna.cz/cz/3107/3915/asistent-srdecni-masaze-beaty.html>
37. *Beaty* [online]. Israel: Medical Feedback Technologies, 2021 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.imbeaty.com/>
38. CPRmeter 2: Measure to Improve. *Laerdal: helping save lives* [online]. Stavanger: Laerdal Medical, 2021 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://laerdal.com/us/products/simulation-training/resuscitation-training/cprmeter-2/>
39. PalmCPR Chest Compression Navigator Real-time CPR Feedback. *SunLife* [online]. Shanghai: SunLife Science, 2021 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: [http://www.sunlifescience.com/en/PalmCPR\\_en.htm](http://www.sunlifescience.com/en/PalmCPR_en.htm)
40. První pomoc při srdeční zástavě - naučte se, jak použít automatický externí defibrilátor. In: *YouTube* [online]. San Bruno, 2005, 2017 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=pdEg0R2HJDE>
41. User manual | Philips ForeRunner AED User Manual. In: *MANUALZZ: the universal manuals library* [online]. Moscow, 2021 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://manualzz.com/doc/7264324/philips-forerunner-aed-user-manual>
42. TechTips: LED vs CCFL Backlights. *TOTEVISION* [online]. Seattle: ToteVision, 2021 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://totevision.com/techtips/led-vs-ccfl-backlights/>
43. AED Plus®: Technické parametry. In: *ZOLL* [online]. Pittsburgh: ZOLL Medical Corporation, 2021 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: [https://www.zoll.com/-/media/uploadedfiles/public\\_site/products/aed\\_plus/17---czech-republic/aed\\_plus\\_ss\\_pp0375\\_erc\\_17.ashx](https://www.zoll.com/-/media/uploadedfiles/public_site/products/aed_plus/17---czech-republic/aed_plus_ss_pp0375_erc_17.ashx)
44. What's inside an AED? (PWJ46). In: *YouTube* [online]. San Bruno, 2005, 2017 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=3VRjvAP2O60>

45. Baterie zůstávají limitujícím faktorem elektromobilů. Průlom se čeká za sedm let. *Autobible.euro.cz* [online]. Praha: Internet Info, c2021 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/baterie-zustavaji-limitujicim-faktorem-elektromobilu-prulom-se-ceka-za-sedm-let/>
46. Průvodce bezpečným skladováním Li-Ion akumulátorů. *DENIOS: online shop* [online]. Strakonice, c1998-2018 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.denios.cz/nase-know-how/nejcastejsi-dotazy/pruvodce-bezpecnym-skladovanim-li-ion-baterii/>
47. Elektrická kardioverze a defibrilace. *Intervenční a akutní kardiologie* [online]. 2011, **10**(1), 24-29 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.iakardiologie.cz/pdfs/kar/2011/01/05.pdf>
48. 3M pásy elektrotechnické izolační. *MB MARTIN BARTOŠ* [online]. Olomouc: Martin Bartoš, c2020 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: [http://www.m-bartos.cz/867-3m-elektro/?fbclid=IwAR12QCfwUFHTzziiVTSLlqm8impe0MN-IkfFVAoU\\_RgiNvA3VeWqlbhSuSE](http://www.m-bartos.cz/867-3m-elektro/?fbclid=IwAR12QCfwUFHTzziiVTSLlqm8impe0MN-IkfFVAoU_RgiNvA3VeWqlbhSuSE)
49. POKORNÝ, M. Design defibrilátoru. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 95s. Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, Art.D.
50. Historie. *Rozmístění AED v Brně a Jihomoravském kraji* [online]. Brno: FSS MU, [1999] [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <http://www.aedjmk.info/historie/>
51. PHILIPS HEARTSTART FRX MAINTENANCE. *Altra Medical* [online]. Florida: Altra Medical Corporation, c2021 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: <https://www.altramedical.com/philips-heartstart-frx-maintenance/>
52. Philips HeartStart FRx AED Brochure. *PHILIPS* [online]. Amsterdam: Koninklijke Philips N.V., c2004-2009 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: [https://www.documents.philips.com/assets/20170523/053c3979235341e9880ea77c01563332.pdf?\\_gl=1\\*14dj9yq\\*\\_ga\\*MTUzMjIzNjM2Ny4xNjE4NDc2Mjg5\\*\\_ga\\_2NMXNNS6LE\\*MTYyMDI5NjkwOC4zLjAuMTYyMDI5NjkwOC42MA..&\\_ga=2.237047108.538469503.1620296909-1532236367.1618476289](https://www.documents.philips.com/assets/20170523/053c3979235341e9880ea77c01563332.pdf?_gl=1*14dj9yq*_ga*MTUzMjIzNjM2Ny4xNjE4NDc2Mjg5*_ga_2NMXNNS6LE*MTYyMDI5NjkwOC4zLjAuMTYyMDI5NjkwOC42MA..&_ga=2.237047108.538469503.1620296909-1532236367.1618476289)
53. ČSN EN 60601-1 ed. 2 (364801) *A Zdravotnické elektrické přístroje*. Část 1, Všeobecné požadavky na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost = Medical electrical equipment. Part 1, General requirements for basic safety and essential performance. Praha: Český normalizační institut, 2007. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
54. ČSN EN 60529 (330330) *A Stupně ochrany krytem (krytí - IP kód)*. Praha: Český normalizační institut, 1993. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>

55. ČSN EN 894-1+A1 (833585) *A Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů*. Část 1, Všeobecné zásady interakcí člověka se sdělovači a ovládači = Safety of machinery - Ergonomic requirements for the design of displays and control actuators. Part 1, General principles for human interactions with displays and control actuators. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
56. Harris profile template. *DIGITAL SOCIETY SCHOOL* [online]. Amsterdam: Amsterdam University of Applied Sciences [cit. 2021-5-8]. Dostupné z: [https://toolkits.dss.cloud/wp-content/uploads/sites/2/2016/06/Harris\\_profile\\_TEMPLATE.pdf](https://toolkits.dss.cloud/wp-content/uploads/sites/2/2016/06/Harris_profile_TEMPLATE.pdf)
57. *Vyber mi auto* [online]. Ondřej Běhal, c2016-2021 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.vybermiauto.cz>

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

AED	automated external defibrillator
AHA	American Heart Association
$C$	kapacita
CCFL	cold cathode fluorescent lamp
DDC	display data chanel
$E$	energie
EKG	elektrokardiogram
ELD	elektroluminiscent display
EMS	Emergency Medical Services
EPR	etylenpropylenový kaučuk
ERC	European Resuscitation Council
GPS	global positioning system
$I$	elektrický proud
IrDA	infrared data association
IZS	integrovaný záchranný systém
KPR	kardiopulmonální resuscitace
$L$	indukčnost
LED	light-emitting diode
LCD	liquid crystal display
Li-ion akumulátor	lithium-iontová baterie
$\text{LiCoO}_2$	oxid lithno-cobaltitý
$\text{Li-MnO}_2$	lithiový článek s katodou z oxidu manganičitého
$\text{MnO}_2$	oxid manganičitý
NZO	náhlá zástava oběhu
OHCA	out-of-hospital cardiac arrest
OLED	organic LED
PC	personal computer

QLED	quantum dot LED
$Z$	impedance
SD	secure digital
$t$	čas
$U$	napětí
Wi-fi	wireless fidelity
Zn-MnO <sub>2</sub>	alkalický článok, zinek – katoda, oxid manganičitý – anoda
ZZS	Zdravotnická záchranná služba

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1-1	Chain of survival (řetězec přežití) od European Resuscitation Council (ERC) [3]	17
Obr. 1-2	Příklady označení místa s AED [6, 7, 8].....	18
Obr. 2-1	Umístění srdce v hrudníku a jeho stavba [11, 12] .....	19
Obr. 2-2	Řízení srdeční činnosti [13] .....	20
Obr. 2-3	Výsledky OHCA dospělých pacientů v závislosti na stavu aktivity srdečního rytmu [17] .....	22
Obr. 2-4	Distribuce OHCA pacientů v závislosti na pohlaví [17] .....	22
Obr. 2-5	Věková distribuce OHCA dospělých pacientů v závislosti na věku [17] .....	23
Obr. 2-6	Lokace OHCA [17] .....	23
Obr. 2-7	Graf úspěšnosti defibrilace [1] .....	24
Obr. 2-8	Umístění elektrod pro defibrilaci; (a), (b), (c) – předo-boční naložení, (d), (e) – předo-zadní naložení [16].....	26
Obr. 2-9	Zvýšení zkratového proudu při nevhodně umístěných elektrodách; (a) – správné umístění, (b) – nesprávné umístění [16] .....	27
Obr. 2-10	Defibrilátor doktora Clauda Becka [23].....	29
Obr. 2-11	Ambulance Drone; studentský projekt na TU Delft [24] .....	30
Obr. 2-12	Produkt HeartStart FRx [27] .....	31
Obr. 2-13	Umístění HeartStart FRx ve skříňce [27] .....	32
Obrázek 2-14	Produkt AED PLUS [28] .....	33
Obr. 2-15	Umístění AED PLUS ve skříňce [28].....	33
Obr. 2-16	Produkt CardiAid [29].....	34
Obr. 2-17	Možnosti uskladnění CardiAid [29] .....	35
Obr. 2-18	Produkt Lifepak CR2 [30] .....	35
Obr. 2-19	Přenos a umístění Lifepak CR2 [30, 31] .....	36
Obr. 2-20	Produkt Lifeline VIEW AED [32] .....	37
Obr. 2-21	Přenosná brašna Lifeline VIEW AED [33] .....	37
Obr. 2-22	Studie COR AED [34].....	38
Obr. 2-23	Koncept LifeSaver [35] .....	39
Obr. 2-24	Kontext – umístění LifeSaveru ve veřejném prostoru [35] .....	39



Obr. 2-25	Asistent srdeční masáže Beaty [36, 37] .....	40
Obr. 2-26	Asistent srdeční masáže CPRmeter 2 [38] .....	41
Obr. 2-27	Asistent srdeční masáže PalmCPR [39].....	41
Obr. 2-28	Všeobecný postup použití AED [4].....	42
Obr. 2-29	Schéma vnějšího uspořádání [41] .....	44
Obr. 2-30	LCD displeje [29, 33].....	45
Obr. 2-31	Typy elektrod [29, 30].....	46
Obr. 2-32	Schéma základního vnitřního uspořádání AED .....	47
Obr. 2-33	Schéma RLC obvodu [16] .....	49
Obr. 2-34	Kontrola indikátoru stavu [52] .....	51
Obr. 2-35	Kontrola stavu elektrod [28] .....	52
Obr. 2-36	Kontrola data na baterii [28] .....	52
Obr. 4-1	Varianta I .....	60
Obr. 4-2	Varianta II .....	61
Obr. 4-3	Varianta II – interakce .....	61
Obr. 4-4	Varianta III .....	62
Obr. 4-5	Zhodnocení metodou Harris profile [56] .....	63
Obr. 4-6	Elektrody se senzorem – skicy .....	64
Obr. 5-1	Řešení krytu .....	65
Obr. 5-2	Uživatelské prostředí .....	66
Obr. 5-3	Řešení elektrod .....	67
Obr. 5-4	Nástěnný polykarbonátový box pro AED [28] .....	68
Obr. 5-5	Názorné umístění AED v místech pobytu [27].....	68
Obr. 5-6	Umístění AED ve vozidle [57].....	69
Obr. 6-1	Popis.....	70
Obr. 6-2	Základní rozměry krytu AED a elektrod.....	71
Obr. 6-5	Hlavní mechanismy .....	72
Obr. 6-6	Rozmístění vnitřních komponent.....	73
Obr. 6-7	Komponenty balení elektrod .....	73
Obr. 6-8	Vnější kontrola stavu AED .....	75

Obr. 6-9	Výměna elektrod .....	75
Obr. 6-10	Indikace LED – přístroj je připraven k použití .....	76
Obr. 6-11	Výměna baterie .....	76
Obr. 6-12	Interakce – otevření přístroje (otevírání a otevřený přístroj).....	77
Obr. 6-13	Otevřený přístroj .....	78
Obr. 6-14	Interakce – mód dítě .....	78
Obr. 6-15	Otevření elektrod.....	79
Obr. 6-16	Naložení elektrod na hrudník .....	79
Obr. 6-17	Manipulace s elektrodami .....	80
Obr. 7-1	Barevné řešení .....	82
Obr. 7-2	Grafické řešení – kryt .....	83
Obr. 7-3	Grafické řešení – uživatelské prostředí.....	84
Obr. 7-4	Grafické řešení – elektrody .....	85
Obr. 7-5	Grafické řešení – logotyp .....	85

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Zmenšený poster (A4)

Sumarizační poster (A1)

# ZMENŠENÝ POSTER

def0



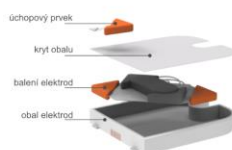
Navržený automatizovaný externí defibrilátor (AED) je praktickým pomocníkem rozšíření neodkladné první pomoci. Při náhlé zástavě oběhu (NZO), způsobené narušením elektrické aktivity srdce, je jako jediný schopný tento stav zvrátit svým elektrickým výbojem. NZO může postihnout kohokoliž bez ohledu na věk. Je důležité pacienta ošetřit co nejdříve a co nejefektivněji. Po desáté minutě bez léčby hrozí smrt pacienta.

Design přístroje je zaměřen na intuitivnost a pochopitelnost s ohledem na kontext použití. Může být umístěn ve skřínce, autě, či volně na polici tak, aby byl viditelný a v případě potřeby bezprostředně k dispozici.



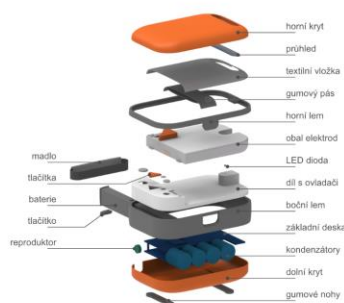
UŽIVATELSKÉ PROSTŘEDÍ

POUŽITÍ ELEKTROD NA PACIENTOVÍ

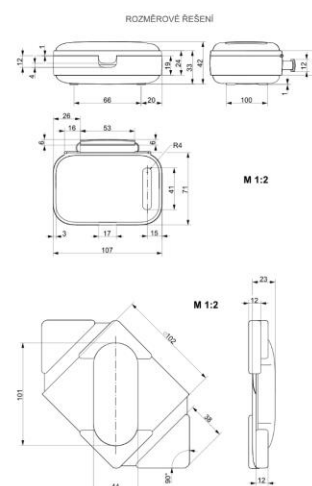


ŘEŠENÍ OBALU ELEKTROD

ŘEŠENÍ KOMPONENTU AED



INTERAKCE PŘI UDRŽBĚ A UŽITÍ



DESIGN AUTOMATIZOVANÉHO EXTERNÍHO DEFIBRILÁTORU / BAKALÁŘSKÁ PRÁCE / Autor: Helena Pernicová / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2020/21



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ  
V BRNĚ



ÚSTAV  
KONSTRUOVÁNÍ



odbor  
průmyslového  
designu